

জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১

এসএসসি ও দাখিল (ভোকেশনাল)

নবম-দশম শ্রেণি



জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড কর্তৃক প্রকাশিত
বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক প্রণীত



জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১

প্রথম ও দ্বিতীয় পত্র

লেখক

মকবুল হোসেন

বিএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (ইলেকট্রিক্যাল এন্ড ইলেকট্রনিক্স ইঞ্জিনিয়ারিং)

চীফ ইন্সট্রাক্টর (ইলেকট্রিক্যাল)

নরসিংদী টেকনিক্যাল স্কুল ও কলেজ

সম্পাদনায়

প্রকৌশলী মোঃ আনোয়ার হোসেন

বিএসসি ইঞ্জিনিয়ারিং (ডুয়েট)

অনার্সসহ প্রথম শ্রেণিতে প্রথম (স্বর্ণপদকপ্রাপ্ত)

ও

অধ্যক্ষ

রংপুর টেকনিক্যাল স্কুল ও কলেজ, রংপুর।

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

৬৯-৭০, মতিঝিল বাণিজ্যিক এলাকা, ঢাকা-১০০০

কর্তৃক প্রকাশিত।

[প্রকাশক কর্তৃক সর্বস্বত্ত্ব সংরক্ষিত]

পরীক্ষামূলক সংস্করণ

প্রথম প্রকাশ : নভেম্বর, ২০১৬

পুনর্মুদ্রণ : আগস্ট, ২০১৭

ডিজাইন

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার কর্তৃক বিনামূল্যে বিতরণের জন্য

মুদ্রণে:

প্রসঙ্গ-কথা

শিক্ষা জাতীয় জীবনের সর্বতোমুখী উন্নয়নের পূর্বশর্ত। দ্রুত পরিবর্তনশীল বিশ্বের চ্যালেঞ্জ মোকাবেলা করে বাংলাদেশকে উন্নয়ন ও সমৃদ্ধির দিকে নিয়ে যাওয়ার জন্য প্রয়োজন সুশিক্ষিত-দক্ষ মানব সম্পদ। কারিগরি ও বৃত্তিমূলক শিক্ষা দক্ষ মানব সম্পদ উন্নয়ন, দারিদ্র্য বিমোচন, কর্মসংস্থান এবং আত্মনির্ভরশীল হয়ে বেকার সমস্যা সমাধানে গুরুত্বপূর্ণ অবদান রাখছে। বাংলাদেশের মতো উন্নয়নশীল দেশে কারিগরি ও বৃত্তিমূলক শিক্ষার ব্যাপক প্রসারের কোনো বিকল্প নেই। তাই ক্রমপরিবর্তনশীল অর্থনীতির সঙ্গে দেশে ও বিদেশে কারিগরি শিক্ষায় শিক্ষিত দক্ষ জনশক্তির চাহিদা দিন দিন বৃদ্ধি পাচ্ছে। এ কারণে বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক এসএসসি (ভোকেশনাল) ও দাখিল (ভোকেশনাল) স্তরের শিক্ষাক্রম ইতোমধ্যে পরিমার্জন করে যুগোপযোগী করা হয়েছে।

শিক্ষাক্রম উন্নয়ন একটি ধারাবাহিক প্রক্রিয়া। পরিমার্জিত শিক্ষাক্রমের আলোকে প্রণীত পাঠ্যপুস্তকসমূহ পরিবর্তনশীল চাহিদার পরিপ্রেক্ষিতে এসএসসি (ভোকেশনাল) ও দাখিল (ভোকেশনাল) পর্যায়ে অধ্যয়নরত শিক্ষার্থীদের যথাযথভাবে কারিগরি শিক্ষায় দক্ষ করে গড়ে তুলতে সক্ষম হবে। অভ্যন্তরীণ ও বহির্বিষে কর্মসংস্থানের সুযোগ সৃষ্টি এবং আত্মকর্মসংস্থানে উদ্যোগী হওয়াসহ উচ্চশিক্ষার পথ সুগম হবে। ফলে রূপকল্প-২০২১ অনুযায়ী জাতিকে বিজ্ঞানমনস্ক ও প্রশিক্ষিত করে ডিজিটাল বাংলাদেশ নির্মাণে আমরা উজ্জীবিত।

গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার ২০০৯ শিক্ষাবর্ষ হতে সকলস্তরের পাঠ্যপুস্তক বিনামূল্যে শিক্ষার্থীদের মধ্যে বিতরণ করার যুগান্তকারী সিদ্ধান্ত গ্রহণ করেছে। কোমলমতি শিক্ষার্থীদের আরও আগ্রহী, কৌতূহলী ও মনোযোগী করার জন্য মাননীয় প্রধানমন্ত্রী শেখ হাসিনার নেতৃত্বে আওয়ামী লীগ সরকার প্রাক-প্রাথমিক, প্রাথমিক, মাধ্যমিকস্তর থেকে শুরু করে ইবতেদায়ী, দাখিল, দাখিল ভোকেশনাল ও এসএসসি ভোকেশনালস্তরের পাঠ্যপুস্তকসমূহ চার রঙে উল্লীত করে আকর্ষণীয়, টেকসই ও বিনামূল্যে বিতরণ করার মহৎ উদ্যোগ গ্রহণ করেছে; যা একটি ব্যতিক্রমী প্রয়াস। বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড কর্তৃক রচিত ভোকেশনালস্তরের ট্রেড পাঠ্যপুস্তকসমূহ সরকারি সিদ্ধান্তের প্রেক্ষিতে জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড ২০১৭ শিক্ষাবর্ষ থেকে সংশোধন ও পরিমার্জন করে মুদ্রণের দায়িত্ব গ্রহণ করে। এ বছর উন্নতমানের কাগজ ও চার রঙের প্রচ্ছদ ব্যবহার করে অতি অল্প সময়ে পাঠ্যপুস্তকটি মুদ্রণ করে প্রকাশ করা হলো।

বানানের ক্ষেত্রে সমতা বিধানের জন্য অনুসৃত হয়েছে বাংলা একাডেমি কর্তৃক প্রণীত বানান রীতি। পাঠ্যপুস্তকটির আরও উন্নয়নের জন্য যে কোনো গঠনমূলক ও যুক্তিসংগত পরামর্শ গুরুত্বের সাথে বিবেচিত হবে। শিক্ষার্থীদের হাতে সময়মত বই পৌঁছে দেওয়ার জন্য মুদ্রণের কাজ দ্রুত করতে গিয়ে কিছু ত্রুটি-বিচ্যুতি থেকে যেতে পারে। পরবর্তী সংস্করণে বইটি আরও সুন্দর, প্রাঞ্জল ও ত্রুটিমুক্ত করার চেষ্টা করা হবে। যাঁরা বইটি রচনা, সম্পাদনা, প্রকাশনার কাজে আন্তরিকভাবে মেধা ও শ্রম দিয়ে সহযোগিতা করেছেন তাঁদের জানাই আন্তরিক ধন্যবাদ। পাঠ্যপুস্তকটি শিক্ষার্থীরা আনন্দের সঙ্গে পাঠ করবে এবং তাদের মেধা ও দক্ষতা বৃদ্ধি পাবে বলে আশা করি।

প্রফেসর নারায়ণ চন্দ্র সাহা

চেয়ারম্যান

জাতীয় শিক্ষাক্রম ও পাঠ্যপুস্তক বোর্ড, বাংলাদেশ

সূচিপত্র

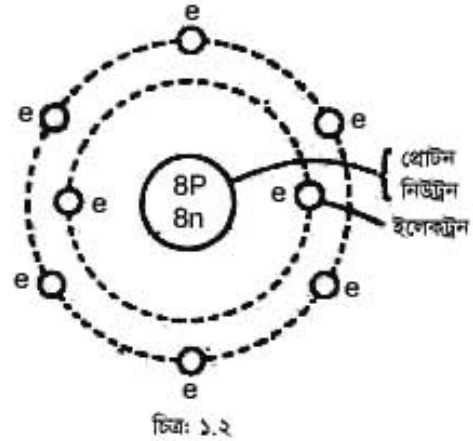
প্রথম পত্র		
অধ্যায়	অধ্যায়ের শিরোনাম	পৃষ্ঠা
প্রথম	ইলেকট্রন ও ইলেকট্রিসিটি	১
দ্বিতীয়	বিদ্যুৎ পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ	৫
তৃতীয়	ইলেকট্রিক কারেন্ট	৮
চতুর্থ	ভোল্টেজ	১০
পঞ্চম	রেজিস্ট্যান্স	১১
ষষ্ঠ	বিদ্যুৎ পরিবাহী রেজিস্ট্যান্সের সূত্র	১৩
সপ্তম	ওহমের সূত্র	১৭
অষ্টম	বৈদ্যুতিক সার্কিট	২০
নবম	ক্যাপাসিটর ও ক্যাপাসিটর গ্রুপিং	৩৭
দশম	চুম্বক ও চুম্বকত্ব	৪৪
একাদশ	ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন	৪৮
দ্বাদশ	অন্টারনেটিং কারেন্ট	৫২
ত্রয়োদশ	এসি সার্কিটে বিভিন্ন প্রকৃতির লোড	৫৪
চতুর্দশ	কার্শফের সূত্র	৫৭
পঞ্চদশ	বৈদ্যুতিক পরিমাপ ও পরিমাপক যন্ত্রসমূহ	৫৯
ষোড়শ	বৈদ্যুতিক পাওয়ার	৬৮
সপ্তদশ	ইলেকট্রিক এনার্জি	৭২
অষ্টদশ	ইন্ডাকশন টাইপ এনার্জি মিটার	৭৭
উনবিংশ	পাওয়ার ফ্যাক্টর ও পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণ	৭৯
	ব্যবহারিক	৮২

দ্বিতীয় পত্র		
অধ্যায়	অধ্যায়ের শিরোনাম	পৃষ্ঠা
প্রথম	বৈদ্যুতিক ল্যাম্প	১১৯
দ্বিতীয়	ইলুমিনেশন	১২৫
তৃতীয়	এসি তিন ফেজ সার্কিট	১২৯
চতুর্থ	তিন ফেজ স্টার ও ডেল্টা সংযোগ	১৩১
পঞ্চম	ডিসি জেনারেটর	১৩৯
ষষ্ঠ	এসি জেনারেটর	১৪৬
সপ্তম	ডিসি মোটর	১৪৯
অষ্টম	সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর	১৫৫
নবম	তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর	১৬০
দশম	তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর নিয়ন্ত্রণ	১৬৯
একাদশ	ট্রান্সফরমার	১৭৬
দ্বাদশ	ইন্সট্রুমেন্ট ট্রান্সফরমার	১৮৬
ত্রয়োদশ	বিদ্যুৎ উৎপাদন, পরিবহন ও বিতরণ ব্যবস্থা	১৯০
চতুর্দশ	বৈদ্যুতিক লোডশেডিং ও বৈদ্যুতিক পাওয়ার অপচয়	১৯৪
পঞ্চদশ	পোল ও টাওয়ার স্থাপন	১৯৬
ষোড়শ	আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল ও ইন্সটলেশন	২০৫
সপ্তদশ	ক্যাবল জয়েন্ট ও টার্মিনেশন	২০৭
অষ্টদশ	বৈদ্যুতিক লিস্ট	২১২
	ব্যবহারিক	২১৪

প্রথম অধ্যায় ইলেকট্রন ও ইলেকট্রনিকি

১.১ ইলেকট্রন

পৃথিবীতে যতগুলো পদার্থ আছে, সব পদার্থ কতগুলো ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার সমষ্টি। এ ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কণার নাম অণু। অণুর ক্ষুদ্রতম অংশকে পরমাণু বলে। পরমাণুর মধ্যে আবার দুই ধরনের মূল কণিকা থাকে। একটি স্থায়ী কণিকা ও অপরটি অস্থায়ী কণিকা। পরমাণুর স্থায়ী কণিকা আবার ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন দ্বারা গঠিত। পরমাণুর অস্থায়ী কণিকাজনো হলো পজিট্রন, নিউক্লিনো, এন্টি-নিউট্রন, মেসন, গ্রাভিট্রন ইত্যাদি। ইলেকট্রন তত্ত্বের বিভিন্ন স্তর এবং পরমাণুর বিভিন্ন স্থায়ী কণিকার অবস্থান [চিত্র: ১.১] ও পরমাণুর গঠন [চিত্র: ১.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



প্রত্যেক পরমাণুর কেন্দ্রে অসংখ্যক ডার্বী নিউক্লিয়াস নামক একটি বস্তু থাকে। প্রোটন ও নিউট্রনকে একত্রে নিউক্লিয়াস বলে। সূর্যের চারদিকে নির্দিষ্ট কক্ষপথে বসে থাকা প্রত্যেক প্রোটন, তেমনি নিউক্লিয়াসের চারদিকে বিভিন্ন কক্ষপথে ইলেকট্রনগুলো বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থান করে থাকা বেড়ায়। প্রোটন পজিটভ চার্জযুক্ত কণিকা এবং নিউট্রন বিলুপ্ত নিরপেক্ষ কণিকা যা কোনো চার্জ বহন করে না।

প্রোটন ও নিউট্রনের ভর প্রায় সমান। প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যার ঘোষণাকে পারমাণবিক ভর বা পারমাণবিক গুণক বলে। সুতরাং, পারমাণবিক ভর বা গুণক নির্ধারণ করা হয় প্রোটন ও নিউট্রন সংখ্যা দিয়ে।

ইলেকট্রন একটি নেগেটিভ চার্জযুক্ত কণিকা যা নিউক্লিয়াসকে কেন্দ্র করে বিভিন্ন কক্ষপথে অবস্থান করে। বিভিন্ন পরমাণুতে ইলেকট্রন সংখ্যা বিভিন্ন হয়। একটি পরমাণুর সবচেয়ে বাইরের কক্ষপথে যতগুলো ইলেকট্রন থাকে তাকে ব্যালেন্স ইলেকট্রন বলে। পরমাণুর বাইরের কক্ষপথে সর্বোচ্চ ৮টি ইলেকট্রনের বেশি থাকতে পারে না। কক্ষপথে পরমাণুর ইলেকট্রন বিন্যাসের সূত্রটি হলো, $E = 2n^2$ । এখানে n দ্বারা কক্ষপথের সংখ্যা নির্ধারণ করা হয়েছে। কণার ইলেকট্রন বিন্যাস [চিত্র: ১.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



প্রথম কক্ষের জন্য, $n = 1$, তবে $E = 2n^2 = 2 \times 1^2 = 2$ টি

দ্বিতীয় কক্ষের জন্য, $n = 2$, তবে $E = 2n^2 = 2 \times 2^2 = 8$ টি

তৃতীয় কক্ষের জন্য, $n = 3$, তবে $E = 2n^2 = 2 \times 3^2 = 18$ টি

স্বাভাবিক অবস্থায় যে কোনো পদার্থের পরমাণুতে প্রোটন ও ইলেকট্রনের সংখ্যা সমান থাকে বলে পদার্থটি নিষ্ক্রিয় থাকে বা তড়িৎ নিরপেক্ষ থাকে। কিন্তু যখনই পদার্থে বাহ্যিক বল প্রয়োগ করা হয়, ফলে পরমাণু হতে মুক্ত ইলেকট্রনগুলো অপসারিত হয়, তখন নিষ্ক্রিয় পরমাণুতে প্রোটনের কণিকা আধিপত্য ঘটে বলে পদার্থটি পজেটিভ চার্জে চার্জিত হয়। অনুরূপভাবে যখন একটি পরমাণু হতে একটি ইলেকট্রন এসে নতুন পরমাণুতে যোগ দেয়, তখন ঐ পরমাণুতে নেগেটিভ চার্জের সৃষ্টি হয়। এ অতিরিক্ত ইলেকট্রনকে শক্তির সাহায্যে প্রবাহ করা যায়। পদার্থে এ ধরনের ইলেকট্রন প্রবাহকে বিদ্যুৎ বা ইলেকট্রিসিটি বলে।

১.২ অণু ও পরমাণু

অণু: অণু মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা, যার স্বাধীন অস্তিত্বের অধিকারী, কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে না। অণুকে ভাঙলে পরমাণু পাওয়া যায়। প্রত্যেকটি অণু আবার কতগুলো পরমাণুর সমষ্টি মাত্র। বর্থা: H_2O হলো পানির একটি অণু, যাতে দুটি হাইড্রোজেন (H_2) পরমাণু ও একটি অক্সিজেন (O) পরমাণু থাকে। অর্থাৎ, পানির একটি অণুতে মোট তিনটি পরমাণু থাকে।

পরমাণু: পরমাণু মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণা, যার স্বাধীন অস্তিত্ব নেই কিন্তু রাসায়নিক বিক্রিয়ায় অংশগ্রহণ করতে পারে। পরমাণুকে ভাঙলে ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন পাওয়া যায়। তাহলে, H_2O একটি অণু অবস্থায় আছে। তাই পানিকে (H_2O) ভাঙলে দুটি হাইড্রোজেন (H_2) পরমাণু এবং একটি অক্সিজেন (O) পরমাণু পাওয়া যায়।

১.৩ অণু ও পরমাণুর গঠন

পৃথিবীতে যতগুলো পদার্থ আছে, তাদের প্রত্যেকটি কতগুলো অতি ক্ষুদ্র কণার সমষ্টি মাত্র। মৌলিক ও যৌগিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে অণু বলে। যে অণু দ্বারা পদার্থ গঠিত, সে অণু ঐ পদার্থে বিদ্যমান থাকবে।

মৌলিক পদার্থের ক্ষুদ্রতম কণাকে পরমাণু বলে। অন্যভাবে বলা যায়, অণুর ক্ষুদ্রতম অংশকে পরমাণু বলে। পরমাণুর মধ্যে দুই ধরনের মূল কণিকা থাকে। ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন হলো পরমাণুর স্থায়ী কণিকা এবং পজিট্রন, নিউট্রিনো, এন্টি-নিউট্রন, মেসন ও গ্রাভিট্রন হলো পরমাণুর অস্থায়ী কণিকা। অণু ও পরমাণুর গঠনের [চিত্র: ১.৪] বিন্যাস অঙ্কন করে দেখানো হলো।

প্রোটন ও নিউট্রন একত্রে পরমাণুর কেন্দ্রে ভর সৃষ্টি করে। প্রোটন ও নিউট্রন যেখানে থাকে তাকে পরমাণুর নিউক্লিয়াস বলে। প্রোটন ও নিউট্রনের ভর প্রায় সমান এবং এদের মোট সংখ্যাকে পারমাণবিক ভর বা ওজন বলে। প্রোটনের ভর হাইড্রোজেনের ভরের সমান। সুতরাং, পারমাণবিক ওজন = প্রোটন সংখ্যা + নিউট্রন সংখ্যা

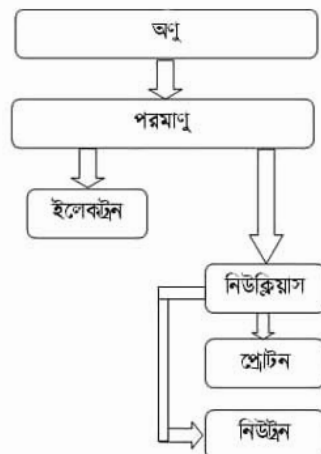
পরমাণু যে কোনো কক্ষের ইলেকট্রন সংখ্যা বের করতে $2n^2$ সূত্রটি ব্যবহার করতে হয়। যে কোনো কক্ষের ইলেকট্রন যদি U হয়, তবে ইলেকট্রন, $E = 2n^2 |e|$ হবে। এখানে n = কক্ষ সংখ্যা।

উদাহরণস্বরূপ:

প্রথম কক্ষের জন্য, $n = 1$, তবে $E = 2n^2 = 2 \times 1^2 = 2$ টি

দ্বিতীয় কক্ষের জন্য, $n = 2$, তবে $E = 2n^2 = 2 \times 2^2 = 8$ টি

তৃতীয় কক্ষের জন্য, $n = 3$, তবে $E = 2n^2 = 2 \times 3^2 = 18$ টি



কপারের ইলেকট্রন বিন্যাস [চিত্র: ১.৩] অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

পারমাণবিক গঠনের জন্য দুটি বিষয় বিবেচনা করা হয়। যথা –

(ক) সর্বশেষ কক্ষে ৮টির বেশি ইলেকট্রন থাকতে পারবে না এবং

(খ) যে কোনো কক্ষে ১৮টির বেশি ইলেকট্রন থাকবে না।

১.৪ ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের বৈশিষ্ট্য

ইলেকট্রন: নিউক্লিয়াসের চতুর্দিকে গোলাকার কক্ষপথে ইলেকট্রন ঘোরে। এটি নিউক্লিয়াসের বাইরে থাকে। ১৯১৩ সালে বিজ্ঞানী নিলস বোর ইলেকট্রন আবিষ্কার করেন। একে ব- প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

ইলেকট্রনের বৈশিষ্ট্যসমূহ:

(ক) এটি নেগেটিভ চার্জ বহন করে;

(খ) এর ভর $9.1 \times 10^{-31} \text{kg}$ (প্রায়);

(গ) বিদ্যুৎ মাত্রা $-4.8029 \times 10^{-17} \text{esu}$;

(ঘ) ব্যাসার্ধ $1.4 \times 10^{-15} \text{m}$ (প্রায়)।

প্রোটন: এটি পরমাণুর একটি ক্ষুদ্রতম কণিকা, যা নিউক্লিয়াসে থাকে। ইলেকট্রনের তুলনায় প্রোটন ১৮৩৭ গুণ বেশি ভারী। একে P দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

প্রোটনের বৈশিষ্ট্যসমূহ:

(ক) এটি পজিটিভ চার্জ বহন করে;

(খ) এর ভর $1.675 \times 10^{-27} \text{kg}$ (প্রায়);

(গ) বিদ্যুৎ মাত্রা $+4.8029 \times 10^{-10} \text{esu}$;

(ঘ) ব্যাসার্ধ $1.4 \times 10^{-27} \text{m}$ (প্রায়)।

নিউট্রন: এটি পরমাণুর একটি ক্ষুদ্রতম কণিকা, যা নিউক্লিয়াসে থাকে। ব্রিটিশ পদার্থবিজ্ঞানী স্যার জেমস চ্যাডউইক ১৯৩২ খ্রিস্টাব্দে নিউট্রন আবিষ্কার করেন। একে N দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

নিউট্রনের বৈশিষ্ট্যসমূহ:

(ক) এটি বিদ্যুৎ নিরপেক্ষ চার্জ বহন করে;

(খ) এর ভর $1.675 \times 10^{-27} \text{kg}$ (প্রায়);

(গ) ব্যাসার্ধ $1.4 \times 10^{-15} \text{m}$ (প্রায়)।

১.৫ ইলেকট্রনিসিটি

বর্তমান বিশ্বে বিদ্যুৎ ছাড়া কোনো কিছু চিন্তা করা যায় না। আমাদের জীবনের প্রতিটি কাজে বিদ্যুতের ব্যবহার ব্যাপক। কল-কারখানা, ট্রেন, প্রোটন, বাতি, পাখা, টেলিফোন, টেলিগ্রাফ, রেডিও, টেলিভিশন, কম্পিউটার ইত্যাদি বিদ্যুতের সাহায্যে চলে। তাহলে বিদ্যুৎ এক প্রকার শক্তি, যা চোখে দেখা যায় না বলে অদৃশ্য শক্তি হিসেবে ধরা হয়।

বিদ্যুৎ এমন এক অদৃশ্য শক্তি যা এক শক্তি হতে অন্য শক্তিতে রূপান্তর করা যায়। যার সাহায্যে আলো, তাপ, গতি ইত্যাদি কাজ সম্পাদন করা যায়।

বিদ্যুতের উৎপত্তি গ্রীক শব্দ 'Elektron' হতে গ্রহণ করা হয়েছে। ইলেকট্রন শব্দের অর্থ সোলেমানী পাথর বা অ্যাম্বার। ৬০০ সালে গ্রীক দার্শনিক মি. থেলস লক্ষ্য করেন যে, অ্যাম্বারকে রেশমি কাপড় দ্বারা ঘর্ষণ করলে এর

মধ্যে একটি অদৃশ্য শক্তির উদ্ভব হয় এবং অ্যাম্বার ছোট ছোট কাগজের টুকরোগুলোকে আকর্ষণ করে। এ অদৃশ্য শক্তিকে বিদ্যুৎ বা ইলেকট্রিসিটি বলে।

১.৬ ইলেকট্রিসিটির শ্রেণিবিভাগ

ইলেকট্রিসিটি দুই প্রকার। যথা –

(ক) স্থির বিদ্যুৎ এবং (খ) চল বিদ্যুৎ।

১.৭ ইলেকট্রিসিটির প্রতিক্রিয়া

কোনো বর্তনীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে কতগুলো লক্ষণ বা ফল প্রকাশ পায়, তাকে ইলেকট্রিসিটির ইফেক্ট বা প্রতিক্রিয়া বলে।

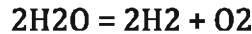
ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন ইফেক্ট নিয়ে আলোচনা করা হলো –

(ক) চৌম্বকীয় ইফেক্ট; (খ) তাপীয় ইফেক্ট; (গ) রাসায়নিক ইফেক্ট এবং (ঘ) জীব শরীরের উপর ইফেক্ট।

(ক) **চৌম্বকীয় ইফেক্ট:** কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ হলে (সে পরিবাহী সোজা অথবা জড়িয়ে কুণ্ডলী করাই হোক) এটির চতুর্দিকে চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। এ চৌম্বক ক্ষেত্র বিদ্যুৎ প্রবাহের জন্য সৃষ্টি হয়েছে। বিদ্যুৎ প্রবাহ না হলে উক্ত ক্রিয়া হতো না। এ বিদ্যুৎ শক্তি এখানে চুম্বক শক্তিতে রূপান্তরিত হলো। অতএব, এ চুম্বক শক্তিকে এখানে চৌম্বকীয় ফল বলা হয়। বৈদ্যুতিক মোটর, জেনারেটর, ডায়নামো, বৈদ্যুতিক ঘণ্টা, বৈদ্যুতিক বাজার প্রভৃতি এ ফলাফলের উদাহরণ।

(খ) **তাপীয় ইফেক্ট:** কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ হলেই ঐ পরিবাহী কিছু না কিছু গরম হয়। তবে অনেক সময় তাপমাত্রা এত কম হয় যে, তা বোঝা মুশকিল। পরিবাহীতে বিদ্যুৎ শক্তির অপচয় হবার ফলে, সেটা গরম হয়, এটা বিদ্যুৎ প্রবাহের তাপীয় ফল। বৈদ্যুতিক বাতি, বৈদ্যুতিক ইল্ডী, বৈদ্যুতিক হীটার প্রভৃতি এর উদাহরণ। এখানে বিদ্যুতিক শক্তি তাপ শক্তিতে রূপান্তরিত হলো।

(গ) **রাসায়নিক ইফেক্ট:** কোনো কোনো পরিবাহী বস্তুর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করার ফলে সেটা বিয়োজিত হয়ে যায় এবং নতুন পদার্থের সৃষ্টি হয়। এসিড, ক্ষার ও লবণ জাতীয় যৌগিক পদার্থের পানীয় দ্রবণেও এর ফলাফল হয়। যথা: সামান্য এসিডযুক্ত পানিতে বিদ্যুৎ চালনা করলে তার মৌলিক উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেন উৎপন্ন হয়। আবার হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনের যথাযথ মিশ্রণে বিদ্যুৎ স্ফুলিঙ পরিচালনা করলে পানি যৌগ উৎপন্ন হয়।



এটি বিদ্যুৎ প্রবাহের রাসায়নিক ফল। ইলেকট্রোপ্রেটিং এ ফলাফলের একটি উদাহরণ। এখানে বিদ্যুৎ শক্তি রাসায়নিক শক্তিতে রূপান্তরিত হলো।

(ঘ) **জীব শরীরের উপর ইফেক্ট:** জীব শরীরের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ হলে এক প্রকার যন্ত্রণা অনুভূত হয়। উক্ত যন্ত্রণা এতদূর পর্যন্ত হতে পারে যে, চোখের পলকে জীবের মৃত্যুও ঘটতে পারে। একে আমরা তড়িতঘাত বলে থাকি। বাত বা অন্য কোনো রোগের চিকিৎসায় অনেক সময় বিদ্যুৎ প্রবাহে এ ফলাফল উপকারে আসে।

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। পরমাণুর নিউক্লিয়াসে কী কণিকা থাকে?
- ২। ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রন কি ধরনের চার্জ বহন করে?
- ৩। ইলেকট্রনের তুলনায় প্রোটন বা নিউট্রন কত গুণ বেশি ভারী?
- ৪। পারমাণবিক সংখ্যা কী?
- ৫। পারমাণবিক ভর বা ওজন কী?
- ৬। পারমাণবিক সংখ্যা কিভাবে নির্ধারণ করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। পরমাণু বলতে কী বোঝায়?
- ২। পরমাণু বা অ্যাটোমের কয়টি অংশ ও কী কী?
- ৩। পারমাণবিক ভর বা ওজন কী?
- ৪। পারমাণবিক গঠনের জন্য কী কী বিষয়ের প্রতি লক্ষ রাখতে হয়?
- ৫। পরমাণুর মূল কণিকা কয়টি ও কী কী?
- ৬। কী কী কারণে পরমাণু হতে ইলেক্ট্রন বিচ্যুতি ঘটে?
- ৭। অণু ও পরমাণু বলিতে কী বোঝায়?
- ৮। অণু ও পরমাণুর মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৯। ইলেকট্রন, প্রোটন ও নিউট্রনের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।
- ১০। পরমাণুর প্রতি কক্ষপথে ইলেকট্রন বিন্যাসের সূত্র লেখ।
- ১১। পরমাণুর গঠন চিত্র দেখাও।
- ১২। বিদ্যুৎ কে এবং কবে আবিষ্কার করেন?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। অণু ও পরমাণুর গঠন আলোচনা কর।
- ২। ইলেকট্রন তত্ত্ব আলোচনা কর।
- ৩। ইলেকট্রনিক্সের প্রতিক্রিয়াগুলো ব্যাখ্যা কর।

দ্বিতীয় অধ্যায়

বিদ্যুৎ পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ

২.১ বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎ প্রবাহ খুব সহজেই হয়, বিশেষ কোনো বাধার সম্মুখীন হয় না তাকে বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ বা সুপরিবাহী পদার্থ বা কন্ডাক্টর বা পরিবাহক বলে। সাধারণত সব ধাতুই কম-বেশি ভালো তড়িৎবাহী। তন্মধ্যে রূপা, তামা, অ্যালুমিনিয়াম বিশেষভাবে উল্লেখযোগ্য। ধাতব পদার্থ ছাড়া মাটি, প্রাণীদেহ, কার্বন, কয়লা পরিবাহকের কাজ করে।

২.২ বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের বৈশিষ্ট্য

বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের গুণাগুণ বা বৈশিষ্ট্য নিম্নে দেয়া হলো –

- (ক) নিম্নমানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স থাকতে হবে;
- (খ) নিম্নমানের তাপমাত্রা সহগ হতে হবে;
- (গ) ক্ষয়রোধক ক্ষমতা বা স্থায়িত্ব হতে হবে;
- (ঘ) যান্ত্রিক টান সহন ক্ষমতা বেশি থাকতে হবে;
- (ঙ) নমনীয়তাসম্পন্ন গুণ থাকতে হবে;
- (চ) মরিচা প্রতিরোধ ক্ষমতা থাকতে হবে;
- (ছ) সোল্ডারিং করার উপযুক্ততা থাকতে হবে।

২.৩ বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের তালিকা

বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের তালিকা নিম্নরূপ –

ক্রমিক নং	পরিবাহী পদার্থের তালিকা	২০° C তাপমাত্রায় রোধক মাইক্রো ওহম-সে.মি. হিসেবে	প্রতি ডিগ্রি সেন্টিগ্রেড উত্তাপ গুণক
১।	রূপা	১.৬৬	০.০০৪
২।	তামা	১.৭২	০.০০৪২৮
৩।	অ্যালুমিনিয়াম	২.৮৩	০.০০৪৩৫
৪।	সোনা	২.৪৮	০.০০৩৭৭
৫।	টাংস্টেন	৫.৫	০.০০৫১
৬।	দস্তা	৬.২	০.০০৩৭
৭।	ক্যাডমিয়াম	৭.৫৪	০.০০৪
৮।	পিতল	৬-৮	০.০০১
৯।	লোহা	১০	০.০০৬২৫
১০।	টিন	১১.৩	০.০০৪৫
১১।	নিকেল	১১.৮	০.০০২৭
১২।	ইস্পাত	১৯.৯	০.০০১৬/০.০০৪২
১৩।	জার্মান সিলভার	২০.২	০.০০০২৭
১৪।	সীসা	২০.৮	০.০০৪৩
১৫।	ম্যাঙ্গানীজ	৪৪.৫	০.০০০০৫
১৬।	পারদ	৯৬	০.০০০৯
১৭।	নাইক্রোম	১০৮.৫	০.০০০১৭
১৮।	কার্বন	৭০০০	-০.০০০৫

২.৪ বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের ব্যবহার

বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের ব্যবহার নিম্নে দেয়া হলো। যথা -

- (ক) রূপা: রূপার দাম তুলনামূলকভাবে বেশি হওয়ায় এর ব্যবহার খুব কম হয়। প্রধানত ওয়াট-আওয়ার মিটারের কম্যুটেটরে, কার্টিজ ফিউজ ও কিছু কিছু বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতির কনডাক্টে রূপা ব্যবহার করা হয়।
- (খ) তামা: মোটর রি-ওয়াইন্ডিংয়ে সুপার এনামেল কপার ওয়্যার, বৈদ্যুতিক ক্যাবল, জেনারেটরের কম্যুটেটর এবং ওভারহেড লাইনে তামার তার ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।
- (গ) অ্যালুমিনিয়াম: তামার তারের তুলনায় দামে সস্তা বলে বর্তমানে ওভারহেড লাইনে ও ভূ-নিম্নস্থ ক্যাবল লাইনে অ্যালুমিনিয়ামের তার ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।
- (ঘ) সীসা: ক্যাবলের আবরণ, ফিউজ তার, ব্যাটারির প্লেট ইত্যাদি তৈরিতে সীসা ব্যবহার করা হয়।
- (ঙ) পারদ: অ্যাম্পিয়ার আওয়ার মিটার, মার্কারি ভ্যাপার ল্যাম্প, মার্কারি আর্ক রেজিস্টার ও রিলের ভিতরে পারদের ব্যবহার দেখা যায়।
- (চ) লৌহ ও স্টীল: লোহা ও স্টীলের ব্যবহার সীমাবদ্ধ। তবে এটি সাহায্যকারী কাজে ব্যবহার হয়ে থাকে।

২.৫ বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ

যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে তড়িৎপ্রবাহ সহজে চলাচল করতে পারে না, প্রবাহ পথে প্রচুর বাধার সম্মুখীন হয় তাকে বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ বা কু-পরিবাহী পদার্থ বা অন্তরক বা ইন্সুলেটর বলে। অপরিবাহী পদার্থের মধ্যে তড়িৎপ্রবাহ তুলনামূলকভাবে খুব কম হয়, যাকে ব্যবহারিক ক্ষেত্রে উপেক্ষা করা চলে। শুষ্ক বায়ু, শুকনো কাপড়, কাচ, শুকনো কাঠ, রাবার, কাগজ, এবোনাইট, ব্যাকেলাইট ইত্যাদি অপরিবাহী পদার্থ অন্তরকের কাজ করে। মধ্যে কাঠ, কাগজ ও কাপড় ভিজে গেলে আবার পরিবাহকের কাজ করে।

২.৬ বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের বৈশিষ্ট্য

অপরিবাহী পদার্থের গুণাগুণ বা বৈশিষ্ট্য নিম্নে দেয়া হলো -

- (ক) উচ্চমানের ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স;
- (খ) ক্ষয়রোধক ক্ষমতা বা স্থায়িত্ব;
- (গ) উচ্চমানের ডাই-ইলেকট্রিক ক্ষমতা;
- (ঘ) যান্ত্রিক ক্ষমতা;
- (ঙ) বাতাসে আর্দ্রতা শোষণে অক্ষমতা;
- (চ) মরিচা প্রতিরোধ ক্ষমতা।

২.৭ বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের তালিকা

বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের তালিকা নিম্নরূপ -

ক্রমিক নং	বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের নামের তালিকা	ডাই-ইলেকট্রিক ক্ষমতা শা/সস
১।	অ্যাসবেস্টার	৩
২।	ব্যাকেলাইট	১৯-২০
৩।	কাচ	৩০-১৫০
৪।	এবোনাইট	৩০-১০০
৫।	গাট্টা পাচ্চা	৮-২০
৬।	মাইকা	৫০-২২০

৭।	তেল অনুষিক্ত কাগজ	২০-৫০
৮।	শুষ্ক কাগজ	৬-১২
৯।	প্যারাক্সিন	৮-২০
১০।	পলিথিন	২৪-৪০
১১।	চীনা মাটি	৬-১২
১২।	রবার	১৬-৫০
১৩।	স্টেট পাথর	১-২
১৪।	মার্বেল পাথর	৬
১৫।	শুকনো কাঠ	০.৫-১.০
১৬।	বার্নিশ করা মিহি কাপড়	২০-৬০

২.৮ বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের ব্যবহার

বিভিন্ন প্রকার বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের ব্যবহার নিম্নে দেয়া হলো। যথা –

- (ক) অ্যাসবেস্টর: এটি একটি সাদা রংয়ের আঁশযুক্ত অদাহ্য খনিজ পদার্থ। তাপমাত্রা বৃদ্ধির সাথে সাথে এর ইন্সুলেট করার ক্ষমতা বেড়ে যাওয়ার জন্য উত্তাপক বস্তুসামগ্রীতে এটি ব্যবহৃত হয়।
- (খ) মাইকা: এর ডাই-ইলেক্ট্রিক ক্ষমতা খুব বেশি। এটি অদাহ্য বস্তু হওয়ায় উত্তাপক বস্তুসামগ্রীতে ইন্সুলেশনের কাজে এর ব্যবহার হয়। যথা: হীটার, হট-প্রেট, ইন্ড্রি, ডায়নামো ও মোটরের কম্যুটেটরে ইন্সুলেশন হিসেবে ব্যবহৃত হয়।
- (গ) কাচ: সাধারণভাবে কাচ একটি ভালো অপরিবাহী পদার্থ। বাষ্প ও বাতির খোলার জন্য কাচ বেশি ব্যবহৃত হয়। বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনেও অনেক সময় কাচের ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়।
- (ঘ) ব্যাকেলাইট: ব্যাকেলাইট একটি যৌগিক, অন্তরক ও দাহ্য পদার্থ। উত্তাপক বস্তুসামগ্রীর ইন্সুলেশনের কাজে ব্যবহার করা যায় না। কারণ, অতিরিক্ত চাপে ব্যাকেলাইট বেকে যায়। ব্যাকেলাইট সাধারণতঃ সিলিং রোজ, সুইচের কভার ও সুইচবোর্ডের ঢাকনার জন্যই ব্যবহৃত হয়।
- (ঙ) চীনা মাটি: ওভারহেড লাইনের বিভিন্ন ধরনের ইন্সুলেটর, সুইচ, ফিউজ, কাট আউট, টু-পিন ও থ্রী-পিন সকেটের বেইস হিসেবে চীনা মাটি ব্যবহার করা হয়।
- (চ) পোর্সিলেন: তড়িৎ বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে অন্তরক বা ইন্সুলেটর হিসেবে পোর্সিলেনের ব্যবহার সর্বাধিক। এছাড়া ওভারহেড লাইনের ইন্সুলেটর, ক্লীট, সুইচ ও ফিউজ, হোল্ডারের বেস হিসেবে পোর্সিলেন ব্যবহৃত হয়।
- (ছ) কাগজ: তেল অনুষিক্ত কাগজ সাধারণত ডায়নামো, মোটর, পাখার আর্মচার স্লটে ব্যবহার করা হয়।
- (জ) তেল: তেল ইন্সুলেশন হিসেবে ভালো কাজ করে। তাই ট্রান্সফরমার, সার্কিট ব্রেকার ও হাই-ভোল্টেজ ক্যাবলকে ঠাণ্ডা রাখার জন্য ইন্সুলেশন হিসেবে তেল ব্যবহার করা হয়।

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে অতি সহজে বিদ্যুৎ প্রবাহিত হতে পারে তাকে কী বলে?
- ২। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের দুটি নাম লেখ।
- ৩। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের উদাহরণ কী কী?
- ৪। বিদ্যুৎ অপরিবাহী কী?
- ৫। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের দুটি নাম লেখ।
- ৬। যে সকল পদার্থের মধ্য দিয়ে অতি সহজে কারেন্ট চলাচল করতে পারে না তাকে কী বলে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ বলতে কী বোঝায়?
- ২। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের গুণাগুণ বা বৈশিষ্ট্য লেখ।
- ৩। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ শনাক্ত করার উপায় কী?
- ৪। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ বলতে কী বোঝায়?
- ৫। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের গুণাগুণ বা বৈশিষ্ট্য লেখ।
- ৬। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ চেনার উপায় কী?
- ৭। পরিবাহী পদার্থ ও অপরিবাহী পদার্থের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ বলতে কী বোঝায়? বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের তালিকা উল্লেখ কর।
- ২। বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থ বলতে কী বোঝায়? বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের তালিকা লেখ।
- ৩। বিভিন্ন প্রকার বিদ্যুৎ অপরিবাহী পদার্থের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ৪। বিভিন্ন বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের ব্যবহার লেখ।

তৃতীয় অধ্যায় ইলেকট্রিক কারেন্ট

৩.১ ইলেকট্রিক কারেন্ট

কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীতে পরিবাহীর মধ্য দিয়ে একক সময়ে ইলেকট্রন প্রবাহকে বৈদ্যুতিক কারেন্ট বলে। অন্যভাবে বলা যায় যে, কোনো পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয় তাকে বৈদ্যুতিক কারেন্ট বলে। একে ও দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর ব্যবহারিক একক অ্যাম্পিয়ার।

৩.২ ইলেকট্রিক কারেন্টের একক ও প্রতীক

কারেন্ট একটি পরিমাপক রাশি। সুতরাং, কারেন্টের একক আছে। অ্যামিটারের সাহায্যে কারেন্টের একককে পরিমাপ করা যায়। কারেন্ট মাত্রার চারটি একক আছে। যথা –

- (ক) সিজিএস বিদ্যুৎ একক;
- (খ) স্থির বিদ্যুৎ একক;
- (গ) সিজিএস বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক;
- (ঘ) ব্যবহারিক একক।

কারেন্টকে ও প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

৩.৩ ইলেকট্রিক কারেন্টের শ্রেণিবিভাগ

কারেন্ট প্রধানতঃ দুই প্রকার। যথা –

- (ক) স্থির বিদ্যুৎ: যে বিদ্যুৎ স্থান পরিবর্তন করে না এবং উৎস স্থলেই থেকে যায় তাকে স্থির বিদ্যুৎ বলে। ঘর্ষনের ফলে এ বিদ্যুৎ উৎপত্তি হয় বলে একে ঘর্ষণ বিদ্যুৎ বলে।
- (খ) চল বিদ্যুৎ: রূপান্তরিত প্রক্রিয়ার সাহায্যে কাজে লাগিয়ে উৎপাদিত বিদ্যুৎ এক জায়গা থেকে অন্য জায়গায় প্রবাহিত করানো যায় তাকে চল বিদ্যুৎ বলে। পরিবাহী পদার্থের মধ্যে দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহের ফলে এ বিদ্যুতের সৃষ্টি হয়।

প্রবাহ অনুসারে চল বিদ্যুৎ আবার দুই প্রকার। যথা –

- (ক) ডিসি কারেন্ট: যে কারেন্টের মান ও দিক অপরিবর্তিত রেখে সার্কিটে প্রবাহিত হয় তাকে ডিসি বা ডাইরেক্ট কারেন্ট বলে।
- (খ) এসি কারেন্ট: যে কারেন্টের মান ও দিক সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে পরিবর্তন হয়ে সার্কিটে প্রবাহিত হয় তাকে এসি বা অলটারনেটিং কারেন্ট বলে।

৩.৪ ইলেকট্রিক কারেন্ট পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

ইলেকট্রিক কারেন্ট পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক নিম্নে দেখানো হলো। যথা –

- (ক) সিজিএস বিদ্যুৎ একক: সিজিএস পদ্ধতিতে চার্জের একককে স্থির বিদ্যুৎ একক বলে। ১ স্থির বিদ্যুৎ একক = 3.0×10^{-30} অ্যাম্পিয়ার।
- (খ) সিজিএস বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক: কোনো পরিবাহীর কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। সিজিএস পদ্ধতিতে চুম্বকক্ষেত্র বিদ্যুৎ প্রবাহের একককে সিজিএস বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক বলে। ১ বিদ্যুৎ চুম্বকীয় একক = ১০ অ্যাম্পিয়ার।

(গ) **আন্তর্জাতিক একক:** কারেন্ট মাত্রার আন্তর্জাতিক এককের নাম আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার। আন্তর্জাতিক একক হিসেবে বিশ্বে যে একক সর্বাধিক প্রচলিত তাকে আন্তর্জাতিক একক বলে। ১ আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার = ০.৯৯৯৮৩৫ অ্যাম্পিয়ার।

(ঘ) **ব্যবহারিক একক:** ব্যবহারিক ক্ষেত্রে যে একক ব্যবহৃত হয়, তাকে ব্যবহারিক একক বলে। কারেন্টের ব্যবহারিক একক অ্যাম্পিয়ার।

বিভিন্ন অ্যাম্পিয়ারের সংজ্ঞা:

(ক) যদি কোনো পরিবাহী দিয়ে t সময়ে Q পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয়, তাহলে কারেন্ট $I = \frac{Q}{t}$ । কারেন্টকে সাধারণতঃ I দ্বারা প্রকাশ করা হয়। যদি $Q = 1$ কুলম্ব, $t = 1$ সেকেন্ড হয়, তবে কারেন্ট, $I = \frac{1 \text{ কুলম্ব}}{1 \text{ সেকেন্ড}} = 1$ অ্যাম্পিয়ার।

(খ) কোনো একটি পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে ১ সেকেন্ডে ১ কুলম্ব চার্জ অতিক্রম করলে যে পরিমাণ কারেন্ট মাত্রার সৃষ্টি হয় তাকে ১ অ্যাম্পিয়ার বলে।
১ অ্যাম্পিয়ার = $\frac{1 \text{ সেকেন্ড}}{1 \text{ কুলম্ব}}$ ।

(গ) স্থির তাপমাত্রায় ১ ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপে ১ ওহম রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাকে ১ অ্যাম্পিয়ার বলে।
১ অ্যাম্পিয়ার = $\frac{1 \text{ ভোল্ট}}{1 \text{ ওহম}}$ ।

(ঘ) ১ সে.মি. ব্যাসার্ধবিশিষ্ট বৃত্তাকারে বাঁকানো কোনো একটি পরিবাহীর ১ সে.মি. দীর্ঘ চাপের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ার ফলে বৃত্তের কেন্দ্রে স্থাপিত একটি একক চৌম্বক উত্তর মেরুর উপর ০.১ ডাইন বল প্রয়োগ হয় তবে ঐ পরিমাণ কারেন্টকে এক অ্যাম্পিয়ার বলে।
 $1\text{mA} = 10^{-3} \text{ Amp.}$
১ মাইক্রো অ্যাম্পিয়ার = 10^{-6} Amp.

(ঙ) কারেন্ট মাত্রার আন্তর্জাতিক এককের নাম আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার। কোনো নির্দিষ্ট পদ্ধতিতে সিলভার নাইট্রেটের (AgNO_3) জলীয় দ্রবণে প্রতি সেকেন্ডে ০.০০১১১৮২ গ্রাম রূপা বিন্যস্ত করলে দ্রবণের মধ্যে যে পরিমাণ তড়িৎ প্রবাহের প্রয়োজন হয় তাকে এক আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার বলে।

অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক সার্কিটে কী প্রবাহিত হয়?
- ২। পরিবাহীর ভিতর দিয়ে ইলেকট্রন প্রবাহকে কী বলে?
- ৩। বিদ্যুৎ কে, কবে আবিষ্কার করেন?
- ৪। বিদ্যুৎ কী?
- ৫। ১ স্থির বিদ্যুৎ একক সমান কত অ্যাম্পিয়ার?
- ৬। ১ বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় একক সমান কত অ্যাম্পিয়ার?
- ৭। এক অ্যাম্পিয়ার সমান কত ভোল্ট / ওহম?
- ৮। এক আন্তর্জাতিক অ্যাম্পিয়ার সমান কত অ্যাম্পিয়ার?
- ৯। ভোল্টেজ পার্থক্য বিদ্যমান থাকায় কী প্রবাহিত হয়?
- ১০। কারেন্টের ব্যবহারিক একক কী?
- ১১। আন্তর্জাতিক একক বলতে কী বোঝায়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কারেন্টের সংজ্ঞা দাও।
- ২। অ্যাম্পিয়ার কী?
- ৩। এক অ্যাম্পিয়ার বলতে কী বোঝায়?
- ৪। অ্যাম্পিয়ারের সংজ্ঞা লেখ। এটির প্রতীক লেখ।
- ৫। বৈদ্যুতিক কারেন্টকে কী দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং এটির একক লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। সংজ্ঞাসহ কারেন্টের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ২। ইলেকট্রিক কারেন্ট পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।

চতুর্থ অধ্যায় ভোল্টেজ

৪.১ ভোল্টেজ

কোনো নলের ভিতর দিয়ে পানি অথবা গ্যাস পাঠাতে যথা চাপের প্রয়োজন হয়, তেমনি কোনো বর্তনীর পরিবাহী তারের মধ্যে ইলেকট্রন প্রবাহিত করানোর জন্য ঐ রকম চাপের দরকার হয়। পরিবাহী তারে ইলেকট্রন পাঠানোর জন্য যে চাপ দেয়া হয়, সে চাপকে ভোল্টেজ বলে। এ চাপের প্রকৃত নাম ইলেকট্রোমোটিক ফোর্স। অর্থাৎ, পটেনশিয়াল পার্থক্যকে তড়িৎ চাপ বা ভোল্টেজ বলে। এটিকে ঠ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর ব্যবহারিক একক ভোল্ট।

৪.২ ভোল্টেজের একক ও প্রতীক

ভোল্টেজ একটি পরিমাপমূলক রাশি। সুতরাং, এর একক আছে। ভোল্টেজের তিনটি একক। যথা –

- (ক) স্থির বিদ্যুৎ একক;
- (খ) বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় একক এবং
- (গ) ব্যবহারিক একক।

ভোল্টেজকে V দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৪.৩ ভোল্টেজ পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

ভোল্টেজ পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক নিম্নে দেয়া হলো –

- (ক) স্থির বিদ্যুৎ একক: $1 \text{ esu} = 300 \text{ ভোল্ট}$ বা $3 \times 10^{10} \text{ emu}$
- (খ) বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় একক: $1 \text{ emu} = 10^{-8} \text{ ভোল্ট}$;
- (গ) ব্যবহারিক একক: ভোল্টেজের ব্যবহারিক একক ভোল্ট।

১ মিলি ভোল্ট = 10^{-3} ভোল্ট;

১ কিলো ভোল্ট = 10^3 ভোল্ট;

১ মেগা ভোল্ট = 10^6 ভোল্ট;

১ মাইক্রো ভোল্ট = 10^{-6} ভোল্ট।

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ১ মিলি ভোল্ট = কত ভোল্ট?
- ২। ১ কিলো ভোল্ট = কত ভোল্ট?
- ৩। ১ মেগা ভোল্ট = কত ভোল্ট?
- ৪। ১ মাইক্রো ভোল্ট = কত ভোল্ট?
- ৫। ভোল্টেজের একক ও প্রতীক লেখ।
- ৬। এক আন্তর্জাতিক ভোল্ট = কত ভোল্ট?
- ৭। ভোল্টেজের ব্যবহারিক একক কী?
- ৮। ভোল্টেজ কী?
- ৯। ১ ভোল্ট কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। এককসহ ভোল্টেজের সংজ্ঞা দাও।
- ২। ভোল্টেজের একক ও প্রতীক লেখ।
- ৩। ভোল্টের সংজ্ঞা দাও।
- ৪। আন্তর্জাতিক ভোল্ট কী?
- ৫। কারেন্ট ও ভোল্টেজের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

পঞ্চম অধ্যায় রেজিস্ট্যান্স

৫.১ রেজিস্ট্যান্স

পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহের পথে যে বাধা তাকে রেজিস্ট্যান্স বা রোধ বা প্রতিবন্ধকতা বলে। অন্যভাবে বলা যায়, পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ায় পরিবাহীর যে ধর্ম বা গুণের জন্য কারেন্ট প্রবাহের বিরুদ্ধে বাধার সৃষ্টি করে তাকে রেজিস্ট্যান্স বা রোধ বা প্রতিবন্ধকতা বলে। একে জ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এর ব্যবহারিক একক ওহম।

৫.২ রেজিস্ট্যান্সের একক ও প্রতীক

রেজিস্ট্যান্স একটি পরিমাপমূলক রাশি। সুতরাং, এর একক আছে। ওহম মিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্সের একক পরিমাপ করা হয়। রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের চারটি একক প্রচলিত আছে। যথা –

- (ক) স্থির বিদ্যুৎ একক;
- (খ) বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক;
- (গ) ব্যবহারিক একক এবং
- (ঘ) আন্তর্জাতিক একক।

রেজিস্ট্যান্সকে ইংরেজি অক্ষর R দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

৫.৩ রেজিস্ট্যান্সের শ্রেণিবিভাগ

রেজিস্ট্যান্স প্রধানত দুই প্রকার। যথা –

(ক) নির্দিষ্ট মানের রেজিস্ট্যান্স: যে রেজিস্ট্যান্সের মান প্রয়োজন মতো পরিবর্তন করা যায় না, তাকে নির্দিষ্ট মানের রেজিস্ট্যান্স বলে। এর মান $0.5W$ হতে $8W$ পর্যন্ত হয়।

(খ) পরিবর্তনীয় মানের রেজিস্ট্যান্স: যে রেজিস্ট্যান্সের মান প্রয়োজন মতো পরিবর্তন করা যায়, তাকে পরিবর্তনীয় মানের রেজিস্ট্যান্স বলে। এর মান 1000Ω হতে $5\mu\Omega$ এবং পাওয়ার $0.5W$ হতে $2W$ পর্যন্ত হয়।

নির্দিষ্ট মানের রেজিস্ট্যান্স আবার চার প্রকার। যথা –

(ক) কার্বন রেজিস্ট্যান্স: এটি রেজিস্টরে রেজিস্ট্যান্স ইলিমেন্ট হিসেবে কার্বন অ্যালয় ব্যবহৃত হয়। এ রেজিস্ট্যান্সের উপর অ-পরিবাহী পদার্থের আবরণ থাকে। এর মান 0.1Ω হতে $20\mu\Omega$ পর্যন্ত হয় এবং পাওয়ার $0.1W$ হতে $2W$ পর্যন্ত হয়।

(খ) মেটাল রেজিস্ট্যান্স: একটি সিরামিক সাবস্ট্রেটের উপর পাতলা পদার্থের মতো ধাতব অক্সাইডের বিভিন্ন রেজিস্টিভ পদার্থের সংক্ষিপ্ত আবরণ প্যাচের মতো করে এ ধরনের রেজিস্ট্যান্স তৈরি করা হয়। এর পাওয়ার $0.05W$ হতে $2W$ পর্যন্ত হয়।

(গ) ওয়্যার উন্ড রেজিস্ট্যান্স: এটিতে বেকেলাইট বা সিরামিকের উপর নাইক্ৰোম বা ম্যাঙ্গানিজের তৈরি তার প্যাচানো হয়। জড়ানো তারের উপর চিনামাটির আবরণ দিয়ে এ ধরনের রেজিস্ট্যান্স তৈরি করা হয়। এর মান 1Ω হতে 1000Ω পর্যন্ত হয় এবং পাওয়ার $5W$ হতে $100W$ পর্যন্ত হয়।

(ঘ) ডিপজিট্রেড রেজিস্টর: একটি কাচ বা সিরামিক নলের উপর রেজিস্ট্যান্সসম্পন্ন গুণবিশিষ্ট উপাদান যথা: পাতলা ফিল্ম কার্বন দানা বা কার্বন ব্রোরনের মিশ্রণে পাতলা পর্দার আকারে কয়েক স্তর প্যাঁচ দিয়ে এ ধরনের রেজিস্টর তৈরি করা হয়। এগুলো বিভিন্ন ওয়াটের হতে পারে। যথা $0.5W$ হতে $8W$ পর্যন্ত হতে পারে।

৫.৪ রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক

রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক নিম্নে দেয়া হলো

(ক) স্থির বিদ্যুৎ একক: ১ স্থির বিদ্যুৎ একক = ৯×১০^{-২০} বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক;

(খ) সিজিএস বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক: ১ বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক = $\frac{১}{৯ \times ১০^{৯০}}$ স্থির বিদ্যুৎ একক;

(গ) ব্যবহারিক একক: রেজিস্ট্যান্সের ব্যবহারিক একক ওহম;

(ঘ) আন্তর্জাতিক ওহম: রেজিস্ট্যান্সের আন্তর্জাতিক এককের নাম আন্তর্জাতিক ওহম।

১ আন্তর্জাতিক ওহম = ১.০০০৪৯৫ ওহম।

অনুশীলনী-৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। পরিবাহীর ভিতর দিয়ে ইলেক্ট্রন প্রবাহের বাধাকে কী বলে?
- ২। রেজিস্ট্যান্সের একক কী?
- ৩। ১ স্থির বিদ্যুৎ একক সমান কত বিদ্যুৎ-চৌম্বকীয় একক?
- ৪। ১ বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় একক সমান কত স্থির বিদ্যুৎ একক?
- ৫। ১ আন্তর্জাতিক ওহম সমান কত ওহম?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। রেজিস্ট্যান্স বা রোধ বা প্রতিবন্ধ বা প্রতিবন্ধকতা কী?
- ২। রেজিস্ট্যান্সের একক ও প্রতীক লেখ।
- ৩। রেজিস্ট্যান্স কত প্রকার ও কী কী?
- ৪। এক ওহম বলতে কী বোঝায়?
- ৫। আন্তর্জাতিক ওহম বলতে কী বোঝায়?
- ৬। রেজিস্ট্যান্স বলতে কী বোঝায়? এর একক ও প্রতীক লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

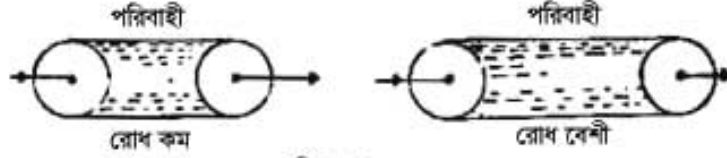
- ১। রেজিস্ট্যান্স রেজিস্ট্যান্স কত প্রকার ও কী কী আলোচনা কর।
- ২। ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৩। রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের বিভিন্ন এককের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।

ষষ্ঠ অধ্যায় বিদ্যুৎ পরিবাহী রেজিস্ট্যান্সের সূত্র

৬.১ রেজিস্ট্যান্সের সূত্র বিবৃতিকরণ

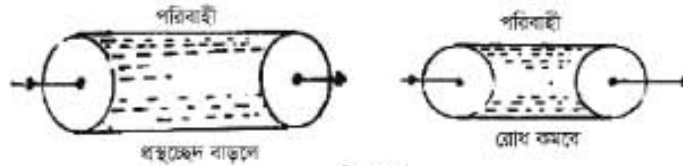
রেজিস্ট্যান্সের সূত্রগুলো নিয়ে দেখা হলো –

১ম সূত্র: তাপমাত্রা, উপাদান ও প্রস্থচ্ছেদের কেন্দ্রকল স্থির থাকলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স সৈর্ষের সাথে সমানুপাতিক। L সৈর্ষাবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স R হয় তবে $R \propto L$ (I)



চিত্র: ৬.১

২য় সূত্র: তাপমাত্রা, উপাদান ও সৈর্ষ স্থির থাকলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স প্রস্থচ্ছেদের কেন্দ্রকলের সাথে উল্টানুপাতিক। A প্রস্থচ্ছেদী কেন্দ্রকলবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স R হয়, তবে $R \propto \frac{1}{A}$ (II)



চিত্র: ৬.২

দুটি সূত্র একত্রিত করে পাই, $R \propto \frac{L}{A}$ [যখন L এবং A উভয়ই পরিবর্তনশীল]

$\therefore R = \rho \frac{L}{A}$ [এখানে ρ সমানুপাতিক ধ্রুব, যাকে পরিবাহীর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স বলে]

৬.২ বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক

তাপমাত্রা, প্রস্থচ্ছেদী কেন্দ্রকল ও উপাদান স্থির থাকলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্সের সৈর্ষের সাথে সমানুপাতিক হয়।

অর্থাৎ, পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কমলে সৈর্ষ কমবে আর পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বাড়লে সৈর্ষ বাড়বে।

মনে করি, L সৈর্ষাবিশিষ্ট কোনো একটি পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স R হয়, তবে

$$\therefore R \propto L \text{ (1)}$$

৬.৩ বিদ্যুৎ পরিবাহী প্রস্থচ্ছেদের কেন্দ্রকলের সাথে রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্ক

তাপমাত্রা, সৈর্ষ ও উপাদান স্থির থাকলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্সের প্রস্থচ্ছেদের কেন্দ্রকলের সাথে উল্টানুপাতিক।

অর্থাৎ, প্রস্থচ্ছেদ বাড়লে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কমে আর প্রস্থচ্ছেদ কমলে এর রেজিস্ট্যান্স বাড়ে।

মনে করি, A প্রস্থচ্ছেদ বিশিষ্ট পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স যদি R হয়, তবে

$$\therefore R \propto \frac{1}{A} \text{ (II)}$$

কর্বি-০৩, জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কশপ-১ (প্রথম ও দ্বিতীয় পর)-১ম প্রেবি

৬.৪ স্পেসিফিক রেজিস্ট্যান্স বা আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স

একক দৈর্ঘ্য ও একক প্রস্থচ্ছেদবিশিষ্ট কোনো পরিবাহীর রোধকে আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স বা আপেক্ষিক রোধ বা স্পেসিফিক রেজিস্ট্যান্স বা রেজিস্টিভিটি বা রোধাক বলে। এটিকে P দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর একক ওহম-ইঞ্চি, ওহম-মিটার ও ওহম-সে.মি.। এস.আই পদ্ধতিতে এর একক $\Omega \cdot m$ ।

$$\therefore \rho = \frac{R \times A}{L}$$

তামার আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স $1.72 \times 10^{-6} \Omega \cdot cm$ বলতে বোঝায় ১ সে.মি. দৈর্ঘ্য, ১ সে.মি. প্রস্থ ও ১ সে.মি. উচ্চতাবিশিষ্ট একটি তামার ঘনকের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে $1.72 \times 10^{-6} \Omega$ বাধা দেয়।

৬.৫ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যা-১: 44cm দীর্ঘ এবং 0.12mm ব্যাসের একটি তারের রেজিস্ট্যান্স 15Ω . তারটির উপাদানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$= \pi \times \frac{(0.012)^2}{4}$$

$$L = 44cm$$

$$= 1.1309 \times 10^{-4} cm^2.$$

$$D = 0.12 mm = \frac{0.12}{10} cm = 0.012 cm.$$

$$R = 15 \Omega$$

$$\pi = \frac{22}{7}$$

$$\rho = ?$$

আমরা জানি,

$$\rho = \frac{R \times A}{L}$$

$$= \frac{15 \times 1.1309 \times 10^{-4}}{44} = 3.85 \times 10^{-5} \Omega \cdot cm. \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-২: 0.4mm ব্যাস এবং $110 \times 10^{-6} \Omega \cdot cm$ আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্সের একটি কত দৈর্ঘ্যের রেজিস্ট্যান্স 11Ω হবে?

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$D = 0.4 mm = \frac{0.4}{10} cm = 0.04 cm.$$

$$= \pi \times \frac{(0.04)^2}{4}$$

$$R = 11 \Omega$$

$$= 1.256 \times 10^{-3} cm^2.$$

$$\rho = 110 \times 10^{-6} \Omega \cdot cm$$

$$\pi = \frac{22}{7}$$

$$L = ?$$

আমরা জানি,

$$L = \frac{R \times A}{\rho}$$

$$= \frac{11 \times 1.256 \times 10^{-3}}{110 \times 10^{-6}}$$

$$= 125.6 cm. \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-৩ : কত দৈর্ঘ্যের একটি ম্যাঙ্গানিন তারের রেজিস্ট্যান্স 1Ω হবে যদি তারটির ব্যাস 0.5mm এবং আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স $42 \times 10^{-6} \Omega \cdot cm$ হয়।

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \frac{D^2}{4} \\
 &= \pi \times \frac{(0.05)^2}{4} \\
 &= 1.96 \times 10^{-3} \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$D = 0.5 \text{ mm} = \frac{0.5}{10} \text{ cm} = 0.05 \text{ cm}.$$

$$R = 1 \Omega$$

$$\rho = 42 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\pi = \frac{22}{7}$$

$$L = ?$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{R \times A}{\rho} \\
 &= \frac{1 \times 1.96 \times 10^{-3}}{42 \times 10^{-6}} \\
 &= 46.67 \text{ cm (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

সমস্যা-৪: একটি তারের রেজিস্ট্যান্স 1Ω এবং 1 mm ব্যাস। যদি এর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স $41 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$ হয়

তবে তারের দৈর্ঘ্য নির্ণয় কর।

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \frac{D^2}{4} \\
 &= \pi \times \frac{(0.01)^2}{4} \\
 &= 7.85 \times 10^{-3} \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$D = 1 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm}.$$

$$R = 1 \Omega$$

$$\rho = 41 \times 10^{-6} \Omega \cdot \text{cm}$$

$$\pi = \frac{22}{7}$$

$$L = ?$$

আবার আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{R \times A}{\rho} \\
 &= \frac{1 \times 7.85 \times 10^{-3}}{41 \times 10^{-6}} \\
 &= 191.5 \text{ cm. (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

সমস্যা-৫: 1 mm ব্যাস এবং 1 m দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট একটি তারের রেজিস্ট্যান্স 2Ω । তারের উপাদানের আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল,

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \frac{D^2}{4} \\
 &= \pi \times \frac{(0.1)^2}{4} \\
 &= 7.85 \times 10^{-3} \text{ cm}^2.
 \end{aligned}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$L = 1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$$

$$D = 1 \text{ mm} = 0.1 \text{ cm}.$$

$$R = 2 \Omega$$

$$\pi = \frac{22}{7}$$

$$\rho = ?$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{R \times A}{L} \\
 &= \frac{2 \times 7.85 \times 10^{-3}}{100} \\
 &= 1.57 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm. (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

সমস্যা-৬: 4.4mm ব্যাস এবং 200m লম্বা একটি তামার তারের রেজিস্ট্যান্স 21Ω হলে আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স কত হবে নির্ণয় কর।

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \frac{D^2}{4} & \text{এখানে দেয়া আছে, } L &= 200\text{m} \\
 &= \pi \times \frac{(0.044)^2}{4} & D &= 4.4\text{mm} = 0.044\text{m} \\
 &= 1.52 \times 10^{-3}\text{m}^2. & R &= 21\Omega \\
 & & \pi &= \frac{22}{7} \\
 & & \rho &= ?
 \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$\begin{aligned}
 \rho &= \frac{R \times A}{L} \\
 &= \frac{21 \times 1.52 \times 10^{-3}}{200} \\
 &= 1.59 \times 10^{-4}\Omega\text{-m. (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কিসের উপর পরিবাহীর রোধ নির্ভর করে না?
- ২। পরিবাহীর রোধ নির্ভর করে কিসের উপর?
- ৩। সিজিএস পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধের একক কী?
- ৪। এস.আই. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধ বা রেজিস্টিভিটির একক কী?
- ৫। এফ.পি.এস. পদ্ধতিতে আপেক্ষিক রোধের একক কী?
- ৬। রেজিস্টিভিটি বা রোধাঙ্ক নির্ণয় করার সমীকরণ কী?
- ৭। আপেক্ষিক রোধের প্রতীক কী?
- ৮। তামার আপেক্ষিক রোধ কত ওহম-মিটার?
- ৯। রোধের সূত্রের গাণিতিক সম্পর্ক কী?
- ১০। আপেক্ষিক রোধের একক ওহম-ইঞ্চি হয় কোনো পদ্ধতিতে?
- ১১। যদি একই দৈর্ঘ্যের কোনো পরিবাহীর তারের ব্যাস দ্বি-গুণ বৃদ্ধি করা যায়, তবে উক্ত তারের রেজিস্ট্যান্স কত?
- ১২। যদি একটি কপার তারের ব্যাস দ্বি-গুণ বৃদ্ধি করা যায়, তবে এর কারেন্ট বহন ক্ষমতা কত গুণ বৃদ্ধি পাবে?
- ১৩। যদি কোনো পরিবাহীর দৈর্ঘ্য বৃদ্ধি পায়, তবে রেজিস্ট্যান্সে কী তারতম্য ঘটবে?
- ১৪। যদি কোনো পরিবাহীর দৈর্ঘ্য হ্রাস পায়, তবে রেজিস্ট্যান্সে কী তারতম্য ঘটবে?
- ১৫। যদি কোনো পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ বৃদ্ধি পায়, তবে রেজিস্ট্যান্সে কী তারতম্য ঘটবে?
- ১৬। যদি কোনো পরিবাহীর প্রস্থচ্ছেদ হ্রাস পায়, তবে রেজিস্ট্যান্সে কী তারতম্য ঘটবে?
- ১৭। দৈর্ঘ্য ও প্রস্থচ্ছেদ ছাড়া আর কী কী বিষয়ের উপর পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স নির্ভর করে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। একটি পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
- ২। আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স বা রেজিস্টিভিটি বা স্পেসিফিক রেজিস্ট্যান্স বা রোধক বলতে কী বোঝায়?
- ৩। রেজিস্ট্যান্স ও আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৪। রেজিস্ট্যান্সের সূত্রগুলো লেখ।
- ৫। রেজিস্ট্যান্সের সূত্রাবলী কখন প্রযোজ্য?
- ৬। তামার আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স 1.72×10^{-8} ওহম-মিটার বলতে কী বোঝায়?

সমস্যাাবলি

- ১। 1 km দীর্ঘ এবং 1.29cm ব্যাসবিশিষ্ট একটি তামার তারের রেজিস্ট্যান্স 0.13Ω হলে এর আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স কত?

উত্তর: আপেক্ষিক রেজিস্ট্যান্স $1.69 \times 10^{-6} \Omega\text{-m}$.

- ২। 100m লম্বা একটি ম্যাংগানিজ তারের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 0.1 mm^2 এবং রেজিস্টিভিটি $50 \times 10^{-8} \Omega\text{-m}$ হলে তারটির রেজিস্ট্যান্স কত? যদি তারটির দৈর্ঘ্য পাঁচগুণ বৃদ্ধি করা হয় তাহলে রেজিস্ট্যান্স কতগুণ বৃদ্ধি পাবে?

উত্তর: রেজিস্ট্যান্স 500Ω ও তারের দৈর্ঘ্য 5 গুণ বৃদ্ধি করা হলে রেজিস্ট্যান্সও 5 গুণ বৃদ্ধি পাবে।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। রেজিস্ট্যান্সের সূত্রাবলি হতে প্রমাণ কর যে, $R = \rho \frac{L}{A}$ ।

সপ্তম অধ্যায় ওহমের সূত্র

৭.১ ওহমের সূত্র

অধ্যাপক বিজ্ঞানী জর্জ সাইমন ওহম ১৮২৬ খ্রিস্টাব্দে সর্বপ্রথম কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে একটি গাণিতিক সম্পর্ক আবিষ্কার করেন। একে তাঁর নামানুসারে ওহমের সূত্র বলে।

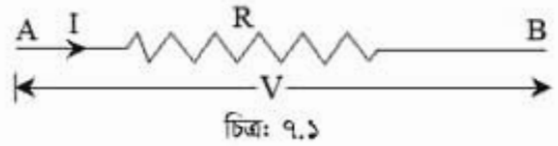
ওহমের সূত্র ব্যবহার করে বৈদ্যুতিক সার্কিটের কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স গাণিতিক নিয়মে বের করা যায়। এছাড়া, কারেন্ট নির্ণয় করে তারের সাইজ বের করা যায়। তাপমাত্রা স্থির থাকলে ওহমের সূত্রের যে কোনো তিনটি রাশির মধ্যে দুটি রাশির মান জানা থাকলে ওহমের সূত্র প্রয়োগ করে অপর রাশির মান নির্ণয় করা যায়। বিদ্যুৎ প্রযুক্তিতে এ সূত্রটি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এ জন্য বলা হয়, "Ohm's law is the mother of all law"।

ওহমের সূত্র: নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো একটি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তা পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

৭.২ ওহমের সূত্রের ব্যাখ্যা

ওহমের সূত্র: নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো একটি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তা পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্যের সমানুপাতিক।

ওহমের সূত্রের ব্যাখ্যা: ধরা যাক, AB পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব (Potential) যথাক্রমে V_A ও V_B যদি $V_A > V_B$ হয়, তাহলে বিভব পার্থক্য ($V_A - V_B$) হবে। আর পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যদি I হয়, তবে ওহমের সূত্রানুসারে লিখতে পারি,



$$\begin{aligned}
 I &\propto (V_A - V_B) \\
 \text{বা, } (V_A - V_B) &\propto I \\
 &= RI \text{ [এখানে R একটি ধ্রুবক, যাকে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স বলে।]} \\
 \text{বা, } RI &= (V_A - V_B) \\
 \text{বা, } I &= \frac{V_A - V_B}{R} \\
 &= \frac{V}{R} \text{ [এখানে, } V_A - V_B = V \text{ ধরা হলো।]}
 \end{aligned}$$

$$\therefore I = \frac{V}{R} \text{ অর্থাৎ, কারেন্ট} = \frac{\text{ভোল্টেজ}}{\text{রেজিস্ট্যান্স}}$$

উপরে দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্যসহ একটি লোড বা রেজিস্ট্যান্স [চিত্র: ৭.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

এখন আমরা বলতে পারি, নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো একটি পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তা ভোল্টেজের সমানুপাতিক ও রেজিস্ট্যান্সের উল্টানুপাতিক।

৭.৩ ওহমের সূত্রের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক

ধরি। এই পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব (Potential) যথাক্রমে V_A ও V_B । যদি $V_A > V_B$ হয়, তাহলে বিভব পার্থক্য $V_A - V_B = V$ ধরি। আর পরিবাহীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যদি I হয়, তবে ওহমের সূত্রের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক হলো -

$$\text{কারেন্ট} = \frac{\text{ভোল্টেজ}}{\text{রেজিস্ট্যান্স}}$$

$$\therefore I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (i)$$

$$\text{বা, } V = IR \dots\dots\dots (ii)$$

$$\text{বা, } IR = V$$

$$\text{বা, } R = \frac{V}{I} \dots\dots\dots (iii)$$

উপরিউক্ত সমীকরণগুলো হলো ওহমের সূত্রের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সম্পর্কযুক্ত।

উপরে দুই প্রান্তে বিভব পার্থক্যসহ একটি লোড বা রেজিস্ট্যান্স [চিত্র: ৭.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

৭.৪ ওহমের সূত্রের পাবিতিক সমস্যাবলী

সমস্যা-১: ২০০ ওহম রেজিস্ট্যান্সের একটি বৈদ্যুতিক বাতি ০.৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে। এর দুই প্রান্তের ভোল্টেজ কত নির্ণয় কর।

সমাধান: ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$V = IR$$

$$R = 200 \Omega$$

$$= 0.5 \times 200$$

$$I = 0.5 \text{ Amp.}$$

$$= 100 \text{ ভোল্ট (উত্তর)}$$

$$V = ?$$

সমস্যা-২: একটি ব্রেড টোস্টারের কুণ্ডলীর দুই প্রান্তের ভোল্টেজ যখন ২২০ ভোল্ট তখন এর মধ্য দিয়ে ২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে তবে কুণ্ডলীর রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান: ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$= \frac{220}{2}$$

$$I = 2 \text{ Amp.}$$

$$= 110 \Omega \text{ (উত্তর)}$$

$$R = ?$$

সমস্যা-৩: ২২০ ভোল্ট প্রধান সরবরাহের সাথে একটি বাতি সংযোগ করলে বাতির মধ্য দিয়ে ০.২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করলে বাতিটির রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান: ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = 220 \text{ V}$$

$$= \frac{220}{0.2}$$

$$I = 0.2 \text{ Amp.}$$

$$= 1100 \Omega \text{ (উত্তর)}$$

$$R = ?$$

সমস্যা-৪: একটি মোটর হেড লাইটের ফিলামেন্ট ৫ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট বহন করে। এর প্রান্তদ্বয়ের ভোল্টেজ ৬ ভোল্ট হলে ফিলামেন্টের রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান: ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$R = \frac{V}{I}$$

$$V = 6 \text{ V}$$

$$= \frac{6}{5}$$

$$I = 5 \text{ Amp.}$$

$$= 1.2 \Omega \text{ (উত্তর)}$$

$$R = ?$$

সমস্যা-৫: একটি 12 ওহম বৈদ্যুতিক হিটারে 120 ভোল্ট প্রয়োগ করা হলে কয়েলে কী পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে?

সমাধান: ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি,

$$I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{120}{12}$$

$$= 10 \text{ Amp. (উত্তর)}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$R = 12 \Omega$$

$$V = 120 \text{ V}$$

$$I = ?$$

সমস্যা-৬: 55 ওহম রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহের জন্য কত ভোল্টেজ চাপের দরকার হয়?

সমাধান: ওহমের সূত্র হতে আমরা জানি,

$$V = IR$$

$$= 2 \times 55$$

$$= 110 \text{ V (উত্তর)}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$R = 55 \Omega$$

$$I = 2 \text{ Amp.}$$

$$V = ?$$

অনুশীলনী-৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ভোল্টেজ V, কারেন্ট I এবং রেজিস্ট্যান্স R অনুযায়ী ওহমের সূত্রটি লেখ।
- ২। ওহমের সূত্র অনুযায়ী যদি কোনো নির্দিষ্ট সার্কিটের ভোল্টেজকে যদি বাড়ানো হয়, তবে ঐ সার্কিটে কারেন্ট কী হবে?
- ৩। যদি এক সার্কিটের আড়াআড়ি ভোল্টেজ দ্বি-গুণ এবং সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স অর্ধেক করা হয়, তবে কারেন্ট কী হবে?
- ৪। নির্দিষ্ট বিভব পার্থক্যে কোনো পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্সের মান বেশি হলে প্রবাহিত কারেন্টের মান বাড়বে না কমবে?
- ৫। বাংলাদেশে আবাসিক কাজে ব্যবহৃত ভোল্টেজ কত?
- ৬। কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স সম্পর্কিত সূত্রের নাম কী?
- ৮। ওহমের সূত্রের গাণিতিক উপস্থাপনা কী হবে?
- ৯। কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যকার সম্পর্ক কী?
- ১১। কোনো পরিবাহীর দুই প্রান্তের বিভব পার্থক্য এবং উক্ত পরিবাহীর কারেন্ট অনুপাত একটি ধ্রুব। এ ধ্রুবটি কী?
- ১২। ওহমের সূত্র আমরা কী কাজে ব্যবহার করে থাকি?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ওহমের সূত্রটি বিবৃত কর।
- ২। ওহমের সূত্রের ব্যবহার লেখ।

সমস্যাবলি

- ১। 220Ω রোধবিশিষ্ট একটি বাতি 110V সরবরাহের সাথে যুক্ত করা হলে বাতিটি কী পরিমাণ কারেন্ট নেবে?

উত্তর: বাতির কারেন্ট 0.2/Amp.

- ২। একটি শার্ট মোটরের ফিল্ড রেজিস্ট্যান্স 93Ω , যদি ফিল্ড টার্মিনালে 240V সরবরাহ দেয়া হয়, তাহলে ফিল্ড কারেন্টের মান কত?

উত্তর: ফিল্ড কারেন্ট 2.58A

- ৩। দৈবক্রমে একটি 220V লাইনের আড়াআড়ি 0.15Ω , মানের রোধ যুক্ত করায় লাইনে শার্ট সার্কিট দেখা দিল। এমতাবস্থায় মোমেন্টারি শার্ট সার্কিট কারেন্ট কত হবে?

উত্তর: শার্ট সার্কিট কারেন্ট 1466.67A

- ৪। 1200Ω , রোধবিশিষ্ট টেলিফোন রিসিভার দিয়ে 0.02A কারেন্ট প্রবাহের জন্য সরবরাহ ভোল্টেজ কত হওয়া দরকার?

উত্তর: সরবরাহ ভোল্টেজ 24V

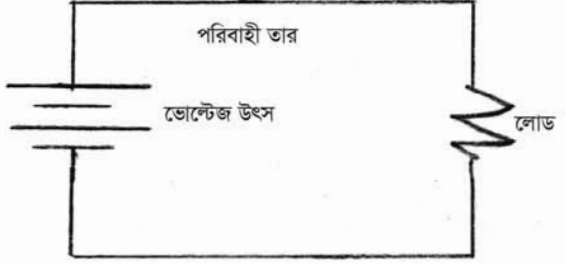
রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ওহমের সূত্রের ব্যাখ্যা লেখ।
- ২। ওহমের সূত্রের সাহায্যে ভোল্টেজ নির্ণয় কর।
- ৩। ওহমের সূত্রের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।
- ৪। কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।

অষ্টম অধ্যায় বৈদ্যুতিক সার্কিট

৮.১ বৈদ্যুতিক সার্কিট

বিদ্যুৎ কোনো উৎস হতে বের হয়ে যে পথ অতিক্রম করে এবং পুনরায় সে উৎসের মধ্যে ফিরে আসে, বিদ্যুৎ চলাচলে এর সম্পূর্ণ পথকে বৈদ্যুতিক সার্কিট বলে। এক কথায় বলা যায়, বিদ্যুৎ চলাচলের পূর্ণ পথকে বৈদ্যুতিক সার্কিট বলে। পাশে বৈদ্যুতিক সার্কিট [চিত্র: ৮.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো। একটি বৈদ্যুতিক সার্কিট তৈরি করতে কমপক্ষে তিনটি উপাদান থাকা আবশ্যিক। যথা –



চিত্র: ৮.১

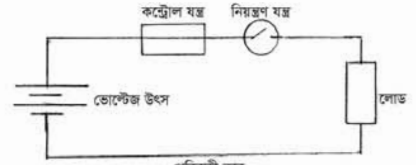
(ক) ভোল্টেজ উৎস;

(খ) বৈদ্যুতিক লোড এবং

(গ) বৈদ্যুতিক লোড সংযোগ করার জন্য প্রয়োজনীয় তার।

৮.২ আদর্শ বৈদ্যুতিক সার্কিটের সংজ্ঞাসহ উপাদান

যে সার্কিটে মূল পাঁচটি উপাদান (যথা: ভোল্টেজ উৎস, রক্ষণযন্ত্র, নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র, বৈদ্যুতিক লোড ও পরিবাহীর তার) থাকে, তাকে আদর্শ সার্কিট বলে। আদর্শ সার্কিটের মূল উপাদানসমূহ পাশে [চিত্র: ৮.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



চিত্র: ৮.২

একটি আদর্শ বৈদ্যুতিক সার্কিট বা বৈদ্যুতিক সার্কিটের মূল উপাদানসমূহের বিবরণ নিম্নে প্রদান করা হলো –

- (১) ভোল্টেজ উৎস: ভোল্টেজ উৎস হিসেবে সাধারণত ব্যাটারি, জেনারেটর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।
- (২) রক্ষণ যন্ত্র: রক্ষণ যন্ত্র হিসেবে ফিউজ, সার্কিট ব্রেকার, ওভার লোড রিলে ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।
- (৩) নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র: নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র হিসেবে সাধারণত সুইচ ব্যবহার করা হয়।
- (৪) বৈদ্যুতিক লোড: বৈদ্যুতিক লোড হিসেবে বাতি, পাখা, হিটার, ফ্রিজ, রেডিও, টেলিভিশন ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।
- (৫) পরিবাহীর তার: পরিবাহীর তার হিসেবে ফ্রেজিবল ওয়্যার, পিভিসি তার, ভিআইআর তার ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়।

৮.৩ বৈদ্যুতিক সার্কিটের শ্রেণিবিভাগ

বৈদ্যুতিক লোড বা রোধের সংযোগ বিন্যাস অনুযায়ী বৈদ্যুতিক সার্কিট তিন প্রকার। যথা –

১। সিরিজ সার্কিট;

২। প্যারালেল বা সমান্তরাল সার্কিট এবং

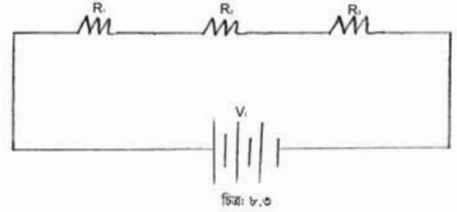
৩। সিরিজ-প্যারালেল সার্কিট বা মিশ্র সার্কিট।

এছাড়াও, আরো তিন ধরনের সার্কিট রয়েছে। যথা –

- ১। ওপেন সার্কিট;
- ২। শর্ট সার্কিট এবং
- ২। ক্রোজড সার্কিট।

৮.৪ সিরিজ সার্কিট

যে সংযোগে দুই বা ততোধিক রেজিস্ট্যান্স একটার পর একটা সংযোগ করা হয় এবং কারেন্ট চলাচলের একটিমাত্র পথ থাকে, তাকে সিরিজ সংযোগ বলে। এরূপ সংযোগ যদি কোনো বর্তনীতে ব্যবহার করা হয় তবে তাকে সিরিজ সার্কিট বা সিরিজ বর্তনী বা সমবেত বর্তনী বা শ্রেণি সমবায় বর্তনী বলে। এখানে R_1 এর ২য় প্রান্ত R_2 এর ১ম প্রান্তের সাথে সংযোগ ও R_2 এর ২য় প্রান্ত R_3 এর ১ম প্রান্তের সাথে সংযোগ [চিত্র: ৮.৩] অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। R_1 এর ১ম প্রান্ত ও R_3 এর ২য় প্রান্ত খোলা রাখা হয়েছে যা মূল সরবরাহ লাইনের সাথে সংযুক্ত আছে। যদি তিনটি রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে R_1 , R_2 ও R_3 হয়। যদি সমজুল্য রেজিস্ট্যান্স R_S হয়, তবে $R_S = R_1 + R_2 + R_3$ হবে।



৮.৫ সিরিজ সার্কিটের গুরুত্ব ও বৈশিষ্ট্য

সিরিজ সার্কিটের গুরুত্ব নিম্নে দেয়া হলো। সিরিজ সংযোগ খুব বেশি ব্যবহৃত না হলেও বেশকিছু ক্ষেত্রে সিরিজ সার্কিট যথেষ্ট গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। যথা -

- (ক) বিভিন্ন আলোকসজ্জা ও মোটরের কয়েল সংযোগ করতে সিরিজ সংযোগ ব্যবহৃত হয়।
- (খ) কম ভোল্টেজের বৈদ্যুতিক সরঞ্জামাদিকে বেশি ভোল্টেজে সরবরাহ দেয়ার জন্য রেজিস্টরগুলোকে সিরিজে সংযোগ করা প্রয়োজন হয়।
- (গ) ইলেকট্রনিক্স যন্ত্রে স্থিরমানের কারেন্ট নিয়ন্ত্রণ করার জন্য সিরিজ সংযোগ ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়।

সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য বা নিয়ম:

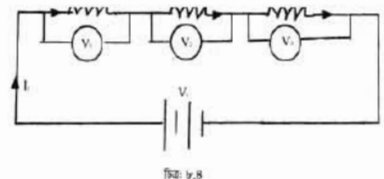
সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য বা নিয়ম নিম্নে দেয়া হলো -

- (ক) সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স আলাদা আলাদা শাখা রেজিস্ট্যান্সের যোগফলের সমান অর্থাৎ $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$;
- (খ) সার্কিটের প্রতিটি শাখা রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে একই কারেন্ট প্রবাহিত হয় অর্থাৎ $I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$;
- (গ) সিরিজ সার্কিটে কারেন্ট চলাচলের একটি মাত্র পথ থাকে;
- (ঘ) একটি লোড নষ্ট হয়ে গেলে বাকি লোডগুলো কাজ করবে না;
- (ঙ) সিরিজ সার্কিটে লোডগুলো আমরা ইচ্ছামতো আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করতে পারি না;
- (চ) সিরিজ সার্কিটে মোট সরবরাহ ভোল্টেজ, শাখা ভোল্টেজের যোগফলের সমান অর্থাৎ $V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$ ।

৮.৬ সিরিজ সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স, মোট কারেন্ট ও শাখা ভোল্টেজ নির্ণয়

সিরিজ সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়:

মনে করি, তিনটি শাখা রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে R_1 , R_2 ও R_3 ওহম।



তিনটি শাখা রেজিস্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যথাক্রমে I_1 , I_2 ও I_3 অ্যাম্পিয়ার।

সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ = V_t ভোল্ট

সার্কিটের মোট কারেন্ট = I_t অ্যাম্পিয়ার

তিনটি শাখা রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়ি ভোল্টেজ ড্রপ যথাক্রমে V_1 , V_2 ও V_3 ভোল্ট।

সিরিজ সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স = R_t ওহম। সিরিজ সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় উপরে [চিত্র: ৮.৪] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

ওহমের সূত্রানুযায়ী আমরা জানি,

$$V_1 = I_t R_1$$

$$V_1 = I_1 R_1 = I_t R_1$$

$$V_2 = I_2 R_2 = I_t R_2 \quad [\because I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n]$$

$$V_3 = I_3 R_3 = I_t R_3$$

$$\dots\dots\dots$$

$$V_n = I_n R_n = I_t R_n$$

সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য হতে আমরা জানি,

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots\dots\dots + V_n \dots\dots\dots (i)$$

V_t , V_1 , V_2 , V_3 । V_n এর মান (i) নং সমীকরণে বসাই

$$\therefore I_t R_t = I_t R_1 + I_t R_2 + I_t R_3 + \dots\dots\dots + I_t R_n$$

$$= I_t (R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots\dots + R_n)$$

$$\text{বা, } R_t = \frac{I_t (R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots\dots + R_n)}{I_t}$$

$$= R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots\dots + R_n \quad [I_t \text{ দ্বারা ভাগ করে}]$$

$\therefore$ সিরিজ সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স,

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots\dots\dots + R_n$$

সিরিজ সার্কিটে একইমানের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করার সহজ উপায় হলো $R_t = nR$ । এখানে n দ্বারা রেজিস্টরের সংখ্যা এবং R দ্বারা রেজিস্টরের মান বোঝানো হয়েছে।

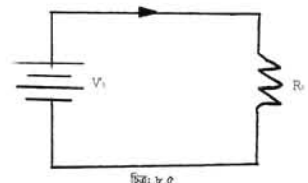
সিরিজ সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়:

সিরিজ সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় করার জন্য প্রথমে সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হয়। সার্কিটে যদি সরবরাহ ভোল্টেজ V_t হয়, তবে ওহমের সূত্রানুযায়ী সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় করা যায়। সুতরাং, সার্কিটের মোট কারেন্ট, $I_t = \frac{V_t}{R_t}$ অ্যাম্পিয়ার হবে। পাশে সিরিজ সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় [চিত্র: ৮.৫] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

সিরিজ সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয়:

সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য হতে আমরা জানি, সার্কিটের মোট কারেন্ট হবে, প্রতিটি শাখা কারেন্টের সমান। অর্থাৎ, $I_t = I_1 = I_2 = I_3 = I_n$

R_1 এর শাখা কারেন্ট, $I_1 = I_t$ অ্যাম্পিয়ার;



R_2 এর শাখা কারেন্ট, $I_2 = I_t$ অ্যাম্পিয়ার;

R_3 এর শাখা কারেন্ট $I_3 = I_t$ অ্যাম্পিয়ার।

পাশে সিরিজ সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয় [চিত্র: ৮.৬] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

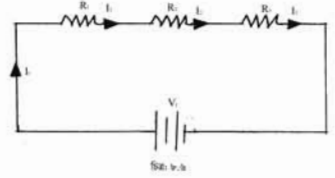
সিরিজ সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয়:

R_1 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_1 হয়, তবে $V_1 = I_1 R_1$ ভোল্ট হবে;

R_2 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_2 হয়, তবে $V_2 = I_2 R_2$ ভোল্ট হবে;

R_3 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_3 হয়, তবে $V_3 = I_3 R_3$ ভোল্ট হবে।

পাশে সিরিজ সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় [চিত্র: ৮.৭] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



সিরিজ সার্কিটের ব্যবহার:

সিরিজ সার্কিটের ব্যবহার নিম্নে দেয়া হলো –

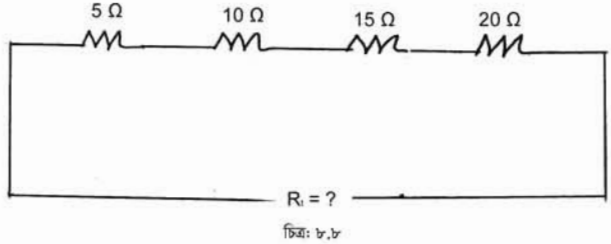
(ক) বিভিন্ন আলোকসজ্জার কাজে সিরিজ সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(খ) টর্চ লাইট ও গাড়ীর ব্যাটারির সার্কিটে

সিরিজ সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(গ) মোটরের কয়েলে সিরিজ সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(ঘ) ভোল্টমিটারের সাথে মাল্টিপ্লার সংযোগ করতে সিরিজ সার্কিট ব্যবহৃত হয়।



৮.৭ সিরিজ সার্কিটের সমস্যাগুলির সমাধান

সমস্যা-১: একটি সিরিজ সার্কিটে 5Ω , 10Ω , 15Ω এবং 20Ω এর চারটি রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা হলে সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি, সিরিজ সার্কিটের

মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স,

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

$$= 5 + 10 + 15 + 20$$

$$= 50\Omega$$

এখানে দেয়া আছে,

$$R_1 = 5\Omega$$

$$R_2 = 10\Omega$$

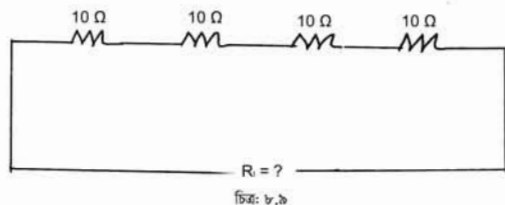
$$R_3 = 15\Omega$$

$$R_4 = 20\Omega$$

নির্ণেয় মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 50Ω (উত্তর)

$$R_t = ?$$

সমস্যা-২: 10Ω এর চারটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করলে এর মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।



সমাধান:

আমরা জানি,

একই মানের সিরিজ সমতুল্য মোট রেজিস্ট্যান্স,

$$R_t = nR$$

$$= 4 \times 10$$

$$= 40\Omega$$

নির্ণেয় মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 40Ω (উত্তর)

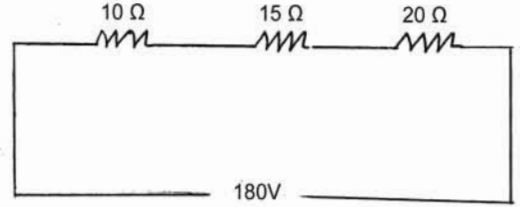
এখানে দেয়া আছে,

$$P = 10\Omega$$

$$n = 4$$

$$R_t = ?$$

সমস্যা-৩: 10Ω , 15Ω এবং 20Ω তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে সিরিজে সংযোগ করে উক্ত সার্কিটের আড়াআড়ি $180V$ সরবরাহ দেয়া হলে সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স, মোট কারেন্ট, শাখা কারেন্ট ও শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় কর।



চিত্র: ৮.১০

সমাধান:

(ক) সিরিজ সমতুল্য মোট রেজিস্ট্যান্স, $R_t = R_1 + R_2 + R_3$

$$= 10 + 15 + 20$$

$$= 45\Omega \text{ (উত্তর)}$$

(খ) মোট কারেন্ট, $I_t = \frac{V_t}{R_t}$

$$= \frac{180}{45}$$

$$= 4 \text{ Amp (উত্তর)}$$

(গ) শাখা কারেন্ট, $I_1 = I_2 = I_3 = 4 \text{ Amp}$. হওয়ায়

R_1 এর কারেন্ট, $I_1 = 4 \text{ Amp}$. (উত্তর)

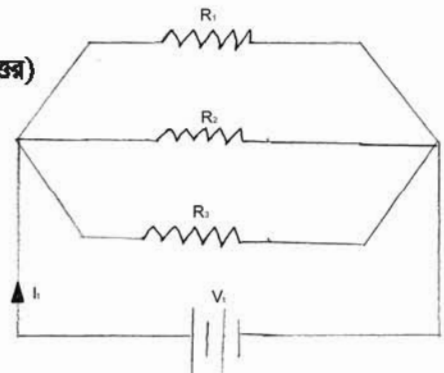
R_2 এর কারেন্ট, $I_2 = 4 \text{ Amp}$. (উত্তর)

R_3 এর কারেন্ট, $I_3 = 4 \text{ Amp}$. (উত্তর)

(ঘ) R_1 এর শাখা ভোল্টেজ, $V_1 = I_1 R_1 = 4 \times 10 = 40V$ (উত্তর)

R_2 এর শাখা ভোল্টেজ, $V_2 = I_2 R_2 = 4 \times 15 = 60V$ (উত্তর)

R_3 এর শাখা ভোল্টেজ, $V_3 = I_3 R_3 = 4 \times 20 = 80V$ (উত্তর)



চিত্র: ৮.১১

৮.৮ প্যারালাল সার্কিট

যদি একাধিক রেজিস্ট্যান্সের প্রত্যেকটি একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অন্য প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযোগ করা হয়, যাতে কারেন্ট চলাচলের একাধিক পথ থাকে তাকে প্যারালাল সংযোগ বলে। এরূপ সংযোগ যদি কোনো বর্তনীতে ব্যবহার করা হয় তবে তাকে প্যারালাল সার্কিট বা প্যারালাল বর্তনী বা সমান্তরাল সার্কিট বলে। পাশের চিত্রে R_1 , R_2 এবং R_3 মানের তিনটি রেজিস্টর প্যারালাল সংযোগ অবস্থায় দেখানো হয়েছে। যদি এ প্যারালাল সার্কিটে মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t হয়, তবে আমরা লিখতে পারি $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$ হবে।

প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়:

মনে করি, তিনটি শাখা রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে R_1 , R_2 এবং R_3 ওহম।
তিনটি শাখা রেজিস্টরের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যথাক্রমে I_1 , I_2 ও I_3 অ্যাম্পিয়ার।

তিনটি শাখা রেজিস্টরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ যথাক্রমে V_1 , V_2 ও V_3 ভোল্ট।

প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স $= R_t$ ওহম।

সার্কিটের মোট কারেন্ট $= I_t$ অ্যাম্পিয়ার।

সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ $= V_t$ ভোল্ট।

পাশে প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় [চিত্র: ৮.১২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

ওহমের সূত্র অনুযায়ী আমরা জানি,

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_t}{R_1} \quad [V_t = V_1 = V_2 = V_3]$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_t}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{V_t}{R_3}$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V_t}{R_1} + \frac{V_t}{R_2} + \frac{V_t}{R_3}$$

$$\text{বা, } I_t = V_t \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) [I_1 + I_2 + I_3 = I_t]$$

$$\text{বা, } \frac{V_t}{R_t} = V_t \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

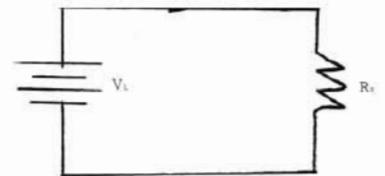
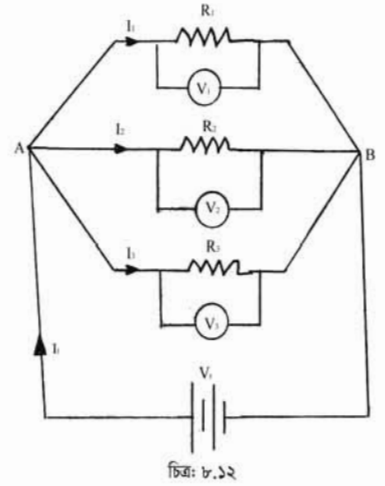
$$\text{বা, } \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad [\text{উভয়পক্ষকে } V_t \text{ দ্বারা ভাগ করে পাই।}]$$

যদি প্যারালাল সার্কিটে আরো n -সংখ্যক রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করা হয় তাহলে প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t হয় তবে, $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$ হবে।

প্যারালাল সার্কিটে একই মানের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করার সহজ উপায় হলো $R_t = \frac{R}{n}$ । এখানে, n দ্বারা রেজিস্টরের সংখ্যা এবং R দ্বারা রেজিস্টরের মান বোঝানো হয়েছে।

প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়:

প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় করার জন্য প্রথমে সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হয়। সার্কিটে যদি সরবরাহ ভোল্টেজ V_t



দেয়া হয়, তবে সার্কিটের মোট কারেন্ট ওহমের সূত্রানুযায়ী নির্ণয় করা যায়। সুতরাং, সার্কিটের মোট কারেন্ট, $I_t = \frac{V_t}{R_t}$ অ্যাম্পিয়ার হবে। পাশে প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় [চিত্র: ৮.১৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

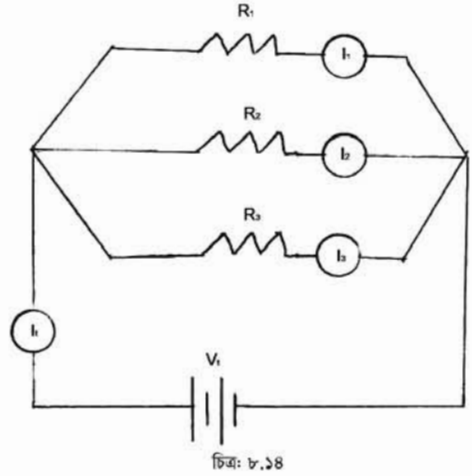
প্যারালাল সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয়:

প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য হতে আমরা জানি, সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ হবে, প্রতিটি শাখা ভোল্টেজের সমান $V_t = V_1 = V_2 = V_3$

R_1 এর শাখা কারেন্ট যদি I_1 হয়, তবে ওহমের সূত্রানুযায়ী $I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_t}{R_1}$ অ্যাম্পিয়ার হবে।

R_2 এর শাখা কারেন্ট যদি I_2 হয়, তবে ওহমের সূত্রানুযায়ী $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_t}{R_2}$ অ্যাম্পিয়ার হবে।

R_3 এর শাখা কারেন্ট যদি I_3 হয়, তবে ওহমের সূত্রানুযায়ী $I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{V_t}{R_3}$ অ্যাম্পিয়ার হবে। পাশে প্যারালাল সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয় [চিত্র: ৮.১৪] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



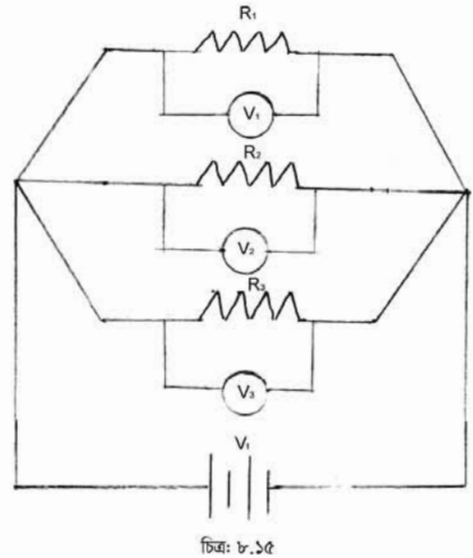
প্যারালাল সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয়:

প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য হতে আমরা জানি, সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ, প্রতিটি শাখা রেজিস্ট্যান্সের সমান। অর্থাৎ $V_t = V_1 = V_2 = V_3$

R_1 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_1 হয়, তবে $V_1 = V_t$ ভোল্ট হবে।

R_2 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_2 হয়, তবে $V_2 = V_t$ ভোল্ট হবে।

R_3 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_3 হয়, তবে $V_3 = V_t$ ভোল্ট হবে। পাশে প্যারালাল সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় [চিত্র: ৮.১৫] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



৮.৯ প্যারালাল সার্কিটের গুরুত্ব

যে সব জায়গায় স্থির মানের ভোল্টেজ প্রয়োজন হয়, সেখানে প্যারালাল সার্কিট ব্যবহার করা প্রয়োজন। নিম্নলিখিত কারণে প্যারালাল সার্কিট ব্যবহার করা হয়। যথা -

- (ক) একাধিক বাতিকে আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করার জন্য প্যারালাল সার্কিট ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়;
- (খ) বাসাবাড়ী, অফিস-আদালত, কল-কারখানা, রাস্তার বাতি, খেলার মাঠ ইত্যাদি স্থান আলোকিত করার জন্য প্যারালাল সার্কিট ব্যবহৃত হয়;
- (গ) বিদ্যুৎ সরবরাহ ও বিতরণ ব্যবস্থায় প্যারালাল সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(ঘ) কারেন্ট প্রবাহের একাধিক পথ তৈরি করার জন্য প্যারালাল সার্কিট ব্যবহৃত হয়।

৮.১০ প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ

প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ বা নিয়মসমূহ নিম্নে দেয়া হলো। যথা -

(ক) প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মান, প্রতিটি শাখা রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মানের যোগফলের সমান। অর্থাৎ, $\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$

(খ) প্যারালাল সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ, প্রতিটি শাখা রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়ি ভোল্টেজের সমান। অর্থাৎ, $V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$

(গ) প্যারালাল সার্কিটে মোট কারেন্ট, প্রতিটি শাখা কারেন্টের যোগফলের সমান। অর্থাৎ, $I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

(ঘ) প্যারালাল সার্কিটে কারেন্ট চলাচলের একাধিক পথ থাকে।

(ঙ) প্যারালাল সার্কিটে প্রতিটি লোড আমরা ইচ্ছামতো আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করতে পারি।

(চ) প্যারালাল সার্কিটে একটি লোড নষ্ট হলে অন্য লোডগুলো পূর্বের মতোই কাজ করবে।

প্যারালাল সার্কিটের ব্যবহার:

প্যারালাল সার্কিটের ব্যবহার নিম্নে দেয়া হলো। যথা -

(ক) একাধিক বাতিকে আলাদাভাবে নিয়ন্ত্রণ করার জন্য প্যারালাল সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(খ) সাধারণত আবাসিক এলাকা, অফিস-আদালত, কল-কারখানা, রাস্তার লাইট ও খেলার মাঠ আলোকিত করার জন্য প্যারালাল সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(গ) বিদ্যুৎ সরবরাহ ও বিতরণ ব্যবস্থায় প্যারালাল সার্কিট ব্যবহৃত হয়;

(ঘ) প্যারালাল সার্কিটে কারেন্ট চলাচলের একাধিক পথ থাকায় বহুল পরিমাণে ব্যবহৃত হয়।

৮.১১ সিরিজ ও প্যারালাল সার্কিটের মধ্যে তুলনা

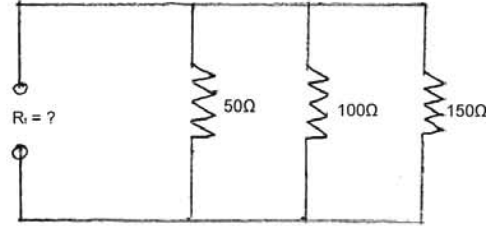
সিরিজ ও প্যারালাল সার্কিটের মধ্যে তুলনা নিম্নরূপ -

ক্রমিক নং	পার্থক্যের বিষয়সমূহ	সিরিজ সার্কিট	প্যারালাল সার্কিট
১।	সংজ্ঞা	যে সার্কিটে দুই বা ততোধিক রেজিস্ট্যান্স একটার পর একটা সংযোগ করা হয় এবং কারেন্ট চলাচলের একটিমাত্র পথ থাকে, তাকে সিরিজ সার্কিট বলে।	যদি একাধিক রেজিস্ট্যান্সের প্রতিটির এক প্রান্ত একটি সাধারণ বিন্দুতে এবং অন্য প্রান্তগুলো অন্য একটি সাধারণ বিন্দুতে সংযোগ করা হয়, যাতে কারেন্ট চলাচলের একাধিক পথ থাকে তাকে প্যারালাল সংযোগ বলে। এরূপ সংযোগ যদি কোনো বর্তনীতে ব্যবহার করা হয় তবে তাকে প্যারালাল সার্কিট বা প্যারালাল বর্তনী বা সমান্তরাল সার্কিট বা সমান্তরাল সমবায় বলে।
২।	মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয়ের সূত্র	$R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$	$R_t = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$
৩।	সার্কিটের কারেন্ট	$I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$	$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

৪।	সার্কিটের ভোল্টেজ	$V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$	$V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$
৫।	কারেন্ট চলাচলের পথ	সিরিজ সার্কিটে কারেন্ট চলাচলের একটিমাত্র পথ থাকে।	প্যারালাল সার্কিটে কারেন্ট চলাচলের একাধিক পথ থাকে।

৮.১২ প্যারালাল সার্কিটের সমস্যাগুলি

সমস্যা-১: 50Ω , 100Ω ও 150Ω এর তিনটি রেজিস্ট্যান্সকে প্যারালালে সংযোগ করা হলে, এর মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।



চিত্র: ৮.১৬

সমাধান:

মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স,

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \\
 &= \frac{1}{\frac{1}{50} + \frac{1}{100} + \frac{1}{150}} \\
 &= \frac{1}{\frac{6+3+2}{300}} \\
 &= \frac{1}{\frac{11}{300}} \\
 &= 1 \times \frac{300}{11} \\
 &= 27.27\Omega
 \end{aligned}$$

মনে করি,

$$R_1 = 50\Omega$$

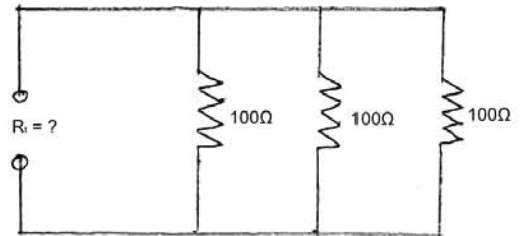
$$R_2 = 100\Omega$$

$$R_3 = 150\Omega$$

$$R_t = ?$$

নির্ণেয় মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 27.27Ω (উত্তর)

সমস্যা-২: 100Ω এর তিনটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করলে এর সমতুল্য মোট রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।



চিত্র: ৮.১৭

সমাধান: একই মানের প্যারালাল

মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স,

$$\begin{aligned}
 R_t &= \frac{R}{N} \\
 &= \frac{100}{3} \\
 &= 33.33\Omega \text{ (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$P = 100\Omega$$

$$n = 3$$

$$R_t = ?$$

সমস্যা-৩: 20Ω ও 30Ω এর দুটি রেজিস্ট্যান্স প্যারাললে সংযোগ করে এর আড়াআড়ি $230V$ এসি সরবরাহ দেয়া হলে সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স, মোট কারেন্ট ও শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান:

(ক) মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স যদি R_t হয়,
তবে মোট রেজিস্ট্যান্স

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{20 \times 30}{20 + 30}$$

$$= 12\Omega \text{ (উত্তর)}$$

মনে করি,

$$R_1 = 20\Omega$$

$$R_2 = 30\Omega$$

$$V_t = 230V$$

$$R_t = ?$$

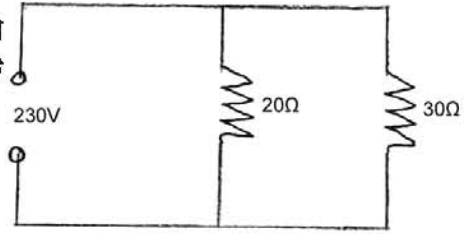
$$I_t = ?$$

$$I_1 = ?$$

$$I_2 = ?$$

$$V_1 = ?$$

$$V_2 = ?$$



চিত্র: ৮.১৮

(খ) মোট কারেন্ট, $I_t = \frac{V_t}{R_t}$ অ্যাম্পিয়ার

$$= \frac{230}{12}$$

$$= 19.17 \text{ Amp. (উত্তর)}$$

(গ) R_1 এর শাখা কারেন্ট, $I_1 = I_t \times \frac{R_2}{R_2 + R_1}$

$$= 19.17 \times \frac{30}{30 + 20}$$

$$= 11.5 \text{ Amp.}$$

R_2 এর শাখা কারেন্ট,

$$I_2 = I_t - I_1$$

$$= 19.17 - 11.5$$

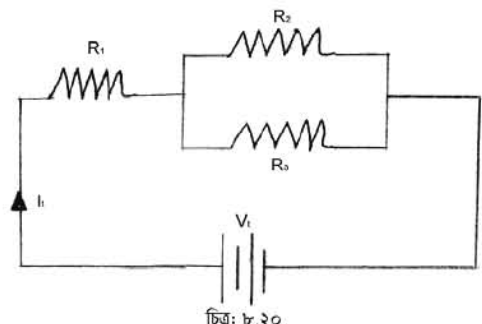
$$= 7.67 \text{ Amp. (উত্তর)}$$

৮.১৩ সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট

যদি কতগুলো রেজিস্ট্যান্স সিরিজে এবং কতগুলো রেজিস্ট্যান্স প্যারাললে সংযোগ করা হয় তবে তাকে সিরিজ-প্যারালাল সংযোগ বা মিশ্র সংযোগ বলে। এরূপ সংযোগ যদি কোনো বর্তনীতে ব্যবহার করা হয় তবে তাকে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট বা মিশ্র সার্কিট বলে। পাশে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট [চিত্র: ১৯] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

উপরের চিত্রে একটি রেজিস্ট্যান্স R_1 সিরিজে এবং দুটি রেজিস্ট্যান্স যথাক্রমে R_2 ও R_3 প্যারাললে সংযোগ হয়, তবে সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স $R_t = R_1 + \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$ হবে।

যদি সার্কিটের মধ্য দিয়ে V_t ভোল্ট সরবরাহ দেয়া হয়, তবে সার্কিটের মধ্য দিয়ে I_t কারেন্ট প্রবাহিত হবে। সুতরাং, মোট কারেন্ট, $I_t = \frac{V_t}{R_t}$ অ্যাম্পিয়ার হবে।

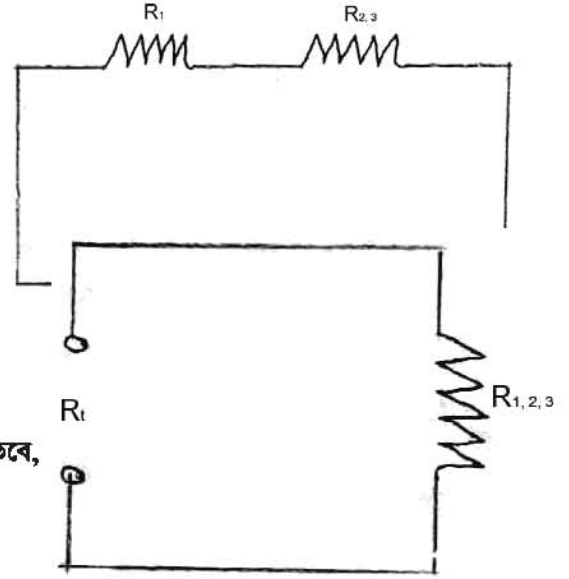


চিত্র: ৮.২০

৮.১৪ সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স ও মোট কারেন্ট নির্ণয়

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটটিকে সহজ ও ছোট করার জন্য প্যারালাল রেজিস্ট্যান্সগুলোকে সিরিজ সমতুল্য শাখায় রূপান্তর করতে হবে। সিরিজ সমতুল্য শাখায় রূপান্তর করার পর সিরিজ সার্কিট নিয়মে মোট সিরিজ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হবে। মোট সিরিজ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সই হবে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স। এ রেজিস্ট্যান্সকে R_t দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ভালোভাবে বোঝার জন্য উপরের উদাহরণটির সাহায্যে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হবে। উপরে একটি সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট [চিত্র: ৮.২০] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

মনে করি, R_2 ও R_3 এর প্যারালাল সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স $R_{2,3}$ হয়। তবে, $R_{2,3} = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$ হবে।



চিত্র: ৮.২২

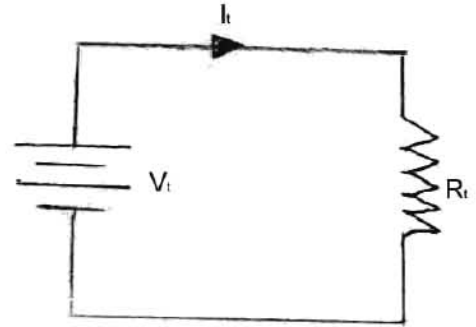
R_1 ও $R_{2,3}$ এর সিরিজ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স বা সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t হয় তবে, $R_t = R_1 + R_{2,3}$ হবে।

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়:

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় করতে হলে দুটি বিষয় জানা দরকার। যথা -

- (১) সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t এবং
- (২) সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ V_t ।

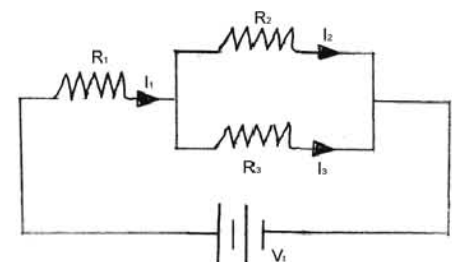
যদি সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ V_t এবং মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t হয়, তবে, সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট, $I_t = \frac{V_t}{R_t}$ অ্যাম্পিয়ার হবে। পাশে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় [চিত্র: ৮.২৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



চিত্র: ৮.২৩

৮.১৫ সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয়

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয় করতে হলে তিনটি বিষয় জানা দরকার। যথা -



চিত্র: ৮.২৪

- (১) সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t হবে;
- (২) সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ V_t হবে এবং
- (৩) সার্কিটের মোট কারেন্ট I_t হবে।

শাখা কারেন্ট নির্ণয়:

যেহেতু $I_t = I_1$

$I_t = I_1$ [সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য হতে আমরা জানি, $I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$]

R_1 এর শাখা কারেন্ট $I_1 = I_t$ অ্যাম্পিয়ার হবে

R_2 এর শাখা কারেন্ট I_2 হয়, তবে $I_2 = I_1 \times \frac{R_3}{R_2 + R_3}$ অ্যাম্পিয়ার

R_3 এর শাখা কারেন্ট যদি I_3 হয়, তবে $I_3 = I_1 \times \frac{R_2}{R_2 + R_3}$ অ্যাম্পিয়ার

৮.১৬ সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয়

সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় করতে হলে চারটি বিষয় জানা দরকার। যথা -

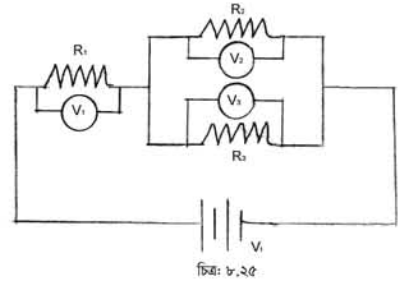
- (১) সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t ;
- (২) সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ V_t ;
- (৩) সার্কিটের মোট কারেন্ট I_t ;
- (৪) শাখা কারেন্টসমূহ I_1, I_2, I_3

শাখা ভোল্টেজ নির্ণয়:-

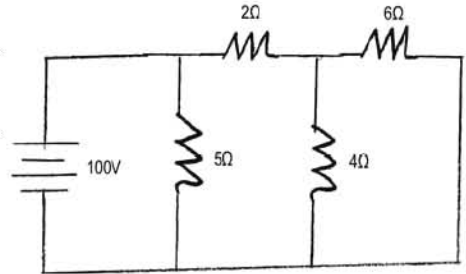
R_1 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_1 হয়, তবে $V_1 = I_1 R_1$ ভোল্ট হবে।

R_2 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_2 হয়, তবে $V_2 = I_2 R_2$ ভোল্ট হবে।

R_3 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_3 হয়, তবে $V_3 = I_3 R_3$ ভোল্ট হবে।



চিত্র: ৮.২৫



চিত্র: ৮.২৬

৮.১৭ সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের সমস্যাগুলির সমাধান

সমস্যা-১: পাশে সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট [চিত্র: ৮.২৬] অঙ্কন করে দেখানো হলো। চিত্র হতে নির্ণয় কর -

- (ক) সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স;
- (খ) সার্কিটের মোট সমতুল্য কারেন্ট;
- (গ) সার্কিটের শাখা কারেন্ট ও
- (ঘ) সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ।

সমাধান: R_3 ও R_4 প্যারালালে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স যদি $R_{3,4}$

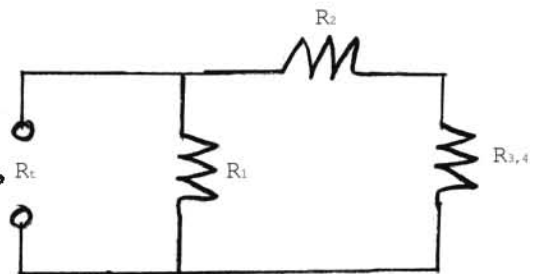
৪ হয়, তবে $R_{3,4} = \frac{R_3 \times R_4}{R_3 + R_4}$ হবে।

$= \frac{6 \times 6}{6 + 6}$

$= 3\Omega$

মনে করি

$R_1 = 5\Omega$



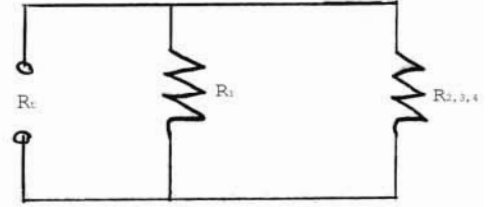
চিত্র: ৮.২৭

$$\begin{aligned}
 R_2 &= 2\Omega \\
 R_3 &= 6\Omega \\
 R_4 &= 6\Omega \\
 R_t &= ? \\
 I_t &= ? \\
 I_1, I_2, I_3, I_4 &= ? \\
 V_1, V_2, V_3, V_4 &= ?
 \end{aligned}$$

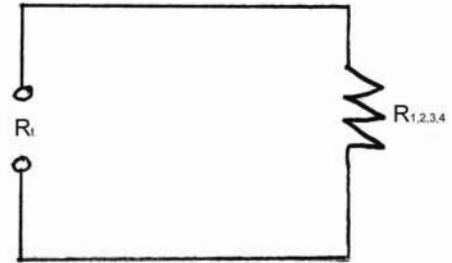
আবার, R_2 ও $R_{3,4}$ রেজিস্ট্যান্স সিরিজে থাকায় সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স যদি $R_{2,3,4}$ হয়, তবে, $R_{2,3,4} = R_2 + R_{3,4}$
 $= 2 + 3 = 5\Omega$ হবে।

আবার, R_1 ও $R_{2,3,4}$ রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে থাকায় সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স R_t হবে।

$$\begin{aligned}
 \therefore \text{মোট রেজিস্ট্যান্স } R_t &= \frac{R_1 \times R_{2,3,4}}{R_1 + R_{2,3,4}} \text{ হবে।} \\
 &= \frac{5 \times 5}{5 + 5} \\
 &= 2.5\Omega \text{ (উত্তর)}
 \end{aligned}$$



চিত্র: ৮.২৮

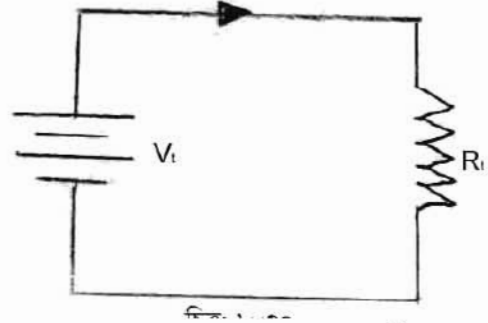


চিত্র: ৮.২৯

সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয়:

সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় করতে হলে, সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজকে মোট রেজিস্ট্যান্স দিয়ে ভাগ করতে হয়। সুতরাং, সার্কিটের মোট কারেন্ট,

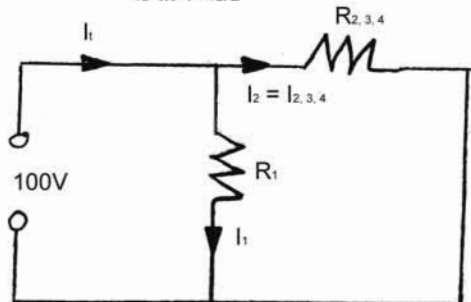
$$\begin{aligned}
 I_t &= \frac{V_t}{R_t} \text{ অ্যাম্পিয়ার।} \\
 &= \frac{100}{2.5} \\
 &= \frac{100 \times 10}{25} \\
 &= 40 \text{ Amp. (উত্তর)}
 \end{aligned}$$



সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয়:

$\therefore R_1$ এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যদি I_1 হয়, তবে R_1 এর কারেন্ট,

$$\begin{aligned}
 I_1 &= I_t \times \frac{R_{2,3,4}}{R_{2,3,4} + R_1} \\
 &= 40 \times \frac{5}{5+5} \\
 &= 40 \times \frac{5}{10} \\
 &= 20 \text{ Amp.}
 \end{aligned}$$



চিত্র: ৮.৩১

$\therefore R_2$ এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যদি I_2 হয়, তবে এর কারেন্ট

$$I_2 = I_t \times \frac{R_1}{R_1 + R_{2,3,4}}$$

$$= 40 \times \frac{5}{5+5}$$

$$= 40 \times \frac{5}{10}$$

$$= 20 \text{ Amp.}$$

∴ R_3 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যদি I_3 হয়, তবে R_3 এর কারেন্ট,

$$I_3 = I_2 \times \frac{R_4}{R_3 + R_4} \text{ হবে।}$$

$$= 20 \times \frac{6}{6+6}$$

$$= 20 \times \frac{6}{12}$$

$$= 10 \text{ Amp.}$$

∴ R_4 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যদি I_4 হয়, তবে R_4 এর কারেন্ট,

$$I_4 = I_2 \times \frac{R_3}{R_3 + R_4} \text{ হবে।}$$

$$= 20 \times \frac{6}{6+6}$$

$$= 20 \times \frac{6}{12}$$

$$= 10 \text{ Amp.}$$

শাখা ভোল্টেজ নির্ণয়:

R_1 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_1 হয়, তবে R_1 এর শাখা ভোল্টেজ,

$$V_1 = I_1 R_1 \text{ হবে।}$$

$$= 20 \times 5$$

$$= 100 \text{ V}$$

R_2 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_2 হয়, তবে R_2 এর শাখা ভোল্টেজ,

$$V_2 = I_2 R_2 \text{ হবে।}$$

$$= 20 \times 2$$

$$= 40 \text{ V}$$

R_3 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_3 হয়, তবে R_3 এর শাখা ভোল্টেজ,

$$V_3 = I_3 R_3 \text{ হবে।}$$

$$= 10 \times 6$$

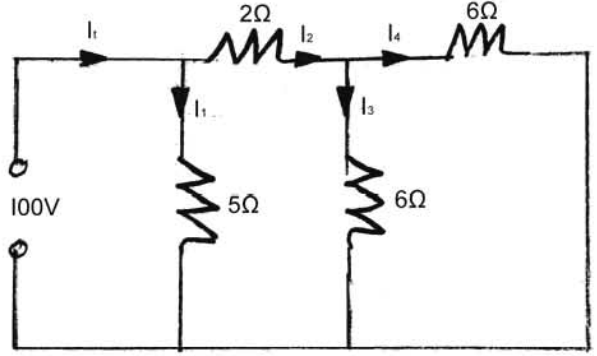
$$= 60 \text{ V}$$

R_4 এর শাখা ভোল্টেজ যদি V_4 হয়, তবে R_4 এর শাখা ভোল্টেজ,

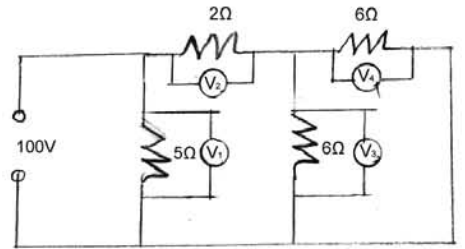
$$V_4 = I_4 R_4 \text{ হবে।}$$

$$= 10 \times 6$$

$$= 60 \text{ V}$$



চিত্র: ৮.৩২



চিত্র: ৮.৩৩

নির্ণেয় মান:

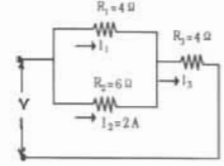
(ক) সার্কিটের মোট রেজিস্ট্যান্স 2.5 ওহম।

(খ) সার্কিটের মোট কারেন্ট 40 অ্যাম্পিয়ার।

(গ) শাখা কারেন্ট, $I_1=20\text{Amp}$, $I_2=20\text{Amp}$, $I_3=10\text{Amp}$ এবং $I_4=10\text{Amp}$ হবে।

(গ) শাখা ভোল্টেজ, $V_1=100\text{V}$, $V_2=40\text{V}$, $V_3=60\text{V}$ এবং $V_4=60\text{V}$ হবে।

সমস্যা-২: 4 ওহম এবং 6 ওহমের দুটি রেজিস্টরকে প্যারাললে সংযোগ করে 4 ওহমের অন্য একটি রেজিস্টরের সিরিজে সংযোগ করা হলো। যদি 6 ওহমের রেজিস্টরের মধ্য দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয় তবে, সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ কত নির্ণয় কর।



সমাধান: আমরা জানি,

$$\begin{aligned}\therefore R_t &= \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} + R_3 \\ &= \frac{4 \times 6}{4 + 6} + 4 \\ &= \frac{24}{10} + 4 \\ &= 2.4 + 4 \\ &= 6.4 \Omega\end{aligned}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$\begin{aligned}R_1 &= 4 \Omega \\ R_2 &= 6 \Omega \\ R_3 &= 4 \Omega \\ I_2 &= 2 \text{ Amp} \\ V &= ?\end{aligned}$$

প্যারালল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী লেখা যায় -

$$V_1 = V_2$$

$$\text{বা, } I_1 R_1 = I_2 R_2$$

$$\text{বা, } I_1 \times 4 = 2 \times 6$$

$$\text{বা, } I_1 = \frac{12}{4}$$

$$\therefore I_1 = 3 \text{ Amp.}$$

$$\therefore I = I_1 + I_2$$

$$= 2 + 3$$

$$= 5 \text{ Amp.}$$

$$\therefore V = IR_t = 5 \times 6.4 = 32 \text{ Volts. (উত্তর)}$$

সমস্যা-৩: 25 ওহম, 50 ওহম এবং R ওহমের তিনটি রেজিস্টরকে প্যারাললে সংযোগ করে 10 ওহমের অন্য একটি রেজিস্টরের সিরিজে সংযোগ করা হলো। পরে সার্কিটটিতে 100 ভোল্ট প্রয়োগ করলে মোট 5 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট 25 ওহমের মধ্য দিয়ে 2 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট এবং 50 ওহমের মধ্য দিয়ে 1 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হয় তবে, R এর মান কত নির্ণয় কর।

সমাধান: এখানে দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} I_t &= 5 \text{ Amp,} & I_1 &= 2 \text{ Amp} \\ I_2 &= 1 \text{ Amp,} & R_1 &= 25 \Omega \\ R_2 &= 50 \Omega, & R_2 &= 6 \Omega \\ R_1 &= 4 \Omega, & I_2 &= 2 \text{ Amp} \\ R_3 &= 4 \Omega, & R_4 &= 10 \Omega \\ & & R_3 &= R = ? \\ & & I_t &= ? \end{aligned}$$

$$\therefore I_3 = 5 - 2 - 1 = 5 - 3 = 2 \text{ Amp}$$

প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী লেখা যায় -

$$\begin{aligned} V_3 &= V_1 \\ \text{বা, } I_3 R_3 &= I_1 R_1 \\ \text{বা, } R_3 &= \frac{I_1 \times R_1}{I_3} = \frac{2 \times 25}{2} = 25 \Omega \text{ (উত্তর)} \end{aligned}$$

অনুশীলনী-৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

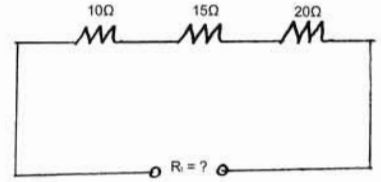
- ১। যে পথ দিয়ে বৈদ্যুতিক কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে তাকে কী সার্কিট বলে?
- ২। বৈদ্যুতিক সার্কিটের মূল উপাদান কয়টি?
- ৩। বৈদ্যুতিক সার্কিট কত প্রকার ও কী কী?
- ৪। আদর্শ সার্কিট কাকে বলে?
- ৫। একটি আদর্শ সার্কিটে কী কী উপাদান থাকে?
- ৬। একই মানের বিভিন্ন রেজিস্টর সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করার সহজ সূত্র কী?
- ৭। সিরিজ সার্কিটে লোড বাড়ালে সার্কিটের কারেন্টের কী পরিবর্তন হবে?
- ৮। সিরিজ সার্কিটে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের মান বৃদ্ধি পায় না হ্রাস পায়?
- ৯। R_1 , R_2 এবং R_3 তিনটি রেজিস্টর সিরিজ সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের সূত্রটি লেখ।
- ১০। সিরিজ সংযোগে সমবেত রেজিস্ট্যান্স বের করার সূত্রটি লেখ।
- ১১। R_1 , R_2 এবং R_3 তিনটি রেজিস্টর প্যারালালে সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স কত হবে?
- ১২। প্যারালালে সার্কিটের লোড বাড়লে সার্কিটের কারেন্ট কী পরিবর্তন হবে?
- ১৩। প্যারালাল সার্কিটের সমতুল্য রোধ কমাতে হলে সার্কিটের লোড কীভাবে সংযোগ করতে হবে?
- ১৪। প্যারালাল সার্কিটে কী স্থির বা কন্সট্যান্ট থাকে?
- ১৫। কোনো সার্কিটে একটি রেজিস্ট্যান্সের সাথে আরেকটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করলে কারেন্ট প্রবাহ বৃদ্ধি পায়?
- ১৬। একই মানের তিনটি রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করলে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করার জন্য সহজ সূত্র কী?
- ১৭। একই মানের বিভিন্ন রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করলে সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স কত হবে?

সহকিত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক সার্কিট বলতে কী বোঝায়? এটি কত প্রকার ও কী কী?
- ২। একটি সম্পূর্ণ সার্কিটের উপাদানসমূহ আলোচনা কর।
- ৩। সিরিজ সার্কিট বলতে কী বোঝায়?
- ৪। সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো লেখ।
- ৫। সিরিজ সার্কিটের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ৬। প্যারালাল সার্কিট বলতে কী বোঝায়?
- ৭। প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যসমূহ লেখ।
- ৮। প্যারালাল সার্কিটের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ৯। বাসগৃহে কোনো ধরনের সার্কিট ব্যবহার করা হয় এবং কেন?
- ১০। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিট বা মিশ্র সার্কিট বা জটিল সার্কিট বলতে কী বোঝায়?
- ১১। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।
- ১২। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।
- ১৩। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের প্রতিটি শাখা রেজিস্টরের কারেন্ট নির্ণয় কর।
- ১৪। সিরিজ-প্যারালাল সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

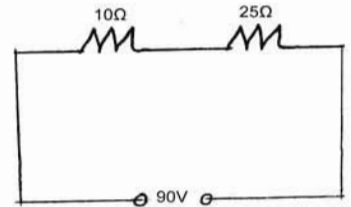
সমস্যাগুলি

- ১। একটি সার্কিটে 10Ω , 15Ω ও 20Ω এর তিনটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করা হলে, তাহলে উক্ত সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।



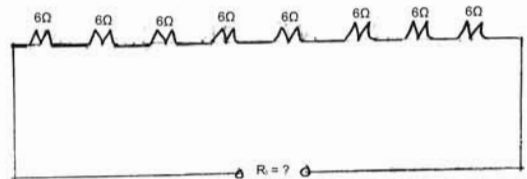
উত্তর: সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 45Ω

- ২। 20Ω ও 25Ω এর দুইটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করা আছে, তবে তার সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স ও শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর। যদি উক্ত সার্কিটে $90V$ সরবরাহ দেয়া হয়।



উত্তর: সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 45Ω এবং শাখা কারেন্টসমূহ 2 Amp. ও 2 Amp.

- ৩। 6Ω এর ৪টি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করা হলে এর সিরিজ সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।



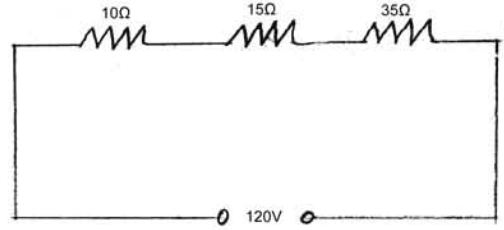
উত্তর: সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 48Ω

- ৪। 10Ω , 15Ω এবং 35Ω তিনটি রেজিস্ট্যান্স সিরিজে সংযোগ করে উক্ত সার্কিটের আড়াআড়ি $120V$ সরবরাহ দেয়া হলে তবে সার্কিটের মোট কারেন্ট, শাখা কারেন্ট ও শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

উত্তর: মোট কারেন্ট 2 Amp ;

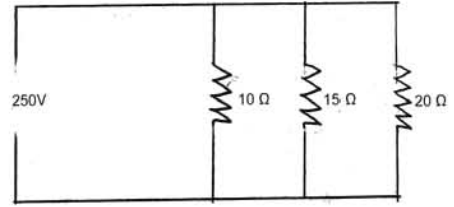
শাখা কারেন্ট 2 Amp , 2 Amp , 2 Amp ;

শাখা ভোল্টেজ $20V$, $30V$, $70V$.



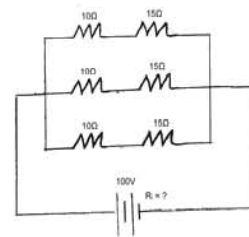
- ৫। 10Ω , 15Ω এবং 20Ω এর তিনটি রেজিস্ট্যান্স প্যারাললে সংযোগ করা হলে সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স ও মোট কারেন্ট নির্ণয় কর। যদি সার্কিটের আড়াআড়ি $250V$ ভোল্টেজ হয়।

উত্তর: 4.615Ω , 54.17 Amp .



- ৬। 10Ω ও 15Ω রেজিস্ট্যান্সবিশিষ্ট দুটি পরিবাহীকে সিরিজে সংযুক্ত করা হলো। এক্রপ তিনটি সেটকে প্যারাললে সাজানো হলে তবে সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।

উত্তর: সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 8.33Ω

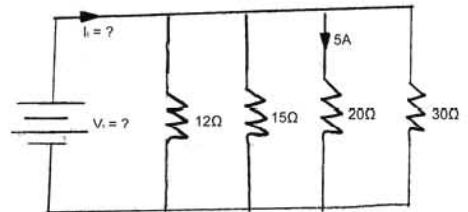


- ৭। 12Ω , 15Ω , 20Ω এবং 30Ω এর চারটি রোধ সমান্তরাল সংযোগ করা হলে সমতুল্য রোধ এবং 20Ω এর মধ্য দিয়ে 5 Amp . কারেন্ট প্রবাহিত হলে সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ ও মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর: সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 4.28Ω ;

সরবরাহ ভোল্টেজ $100V$ এবং

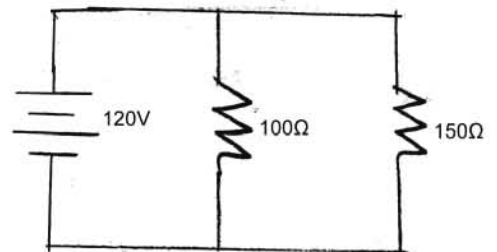
মোট কারেন্ট 23.36 Amp .



- ৮। 100Ω ও 150Ω এর দুটি রোধকে সমান্তরালে সংযোগ করে $120V$ সরবরাহের সাথে সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 60Ω এবং মোট কারেন্ট 2 Amp . হলে - শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর।

(ক) 100Ω এর কারেন্ট,

(খ) 150Ω এর কারেন্ট।



উত্তর: 100Ω এর কারেন্ট 1.2 Amp. এবং
 150Ω এর কারেন্ট 0.8 Amp.

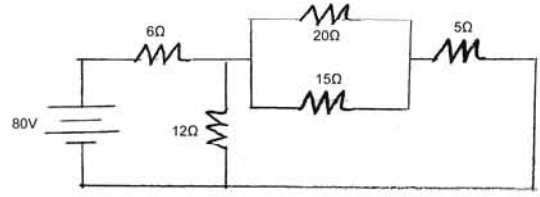
৯। পাশের বর্তনী হতে নির্ণয় কর -

(ক) 5Ω এর কারেন্ট

(খ) 6Ω এর ভোল্টেজ ড্রপ

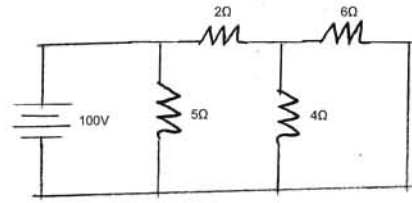
উত্তর: 5Ω এর কারেন্ট 3.04 Amp. এবং

6Ω এর ভোল্টেজ ড্রপ 38.18 V.



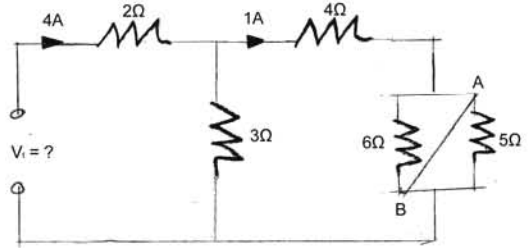
১০। পাশের বর্তনী হতে মোট কারেন্ট ও 5Ω এর ভোল্টেজ ড্রপ নির্ণয় কর।

উত্তর: মোট কারেন্ট 42.735 Amp. এবং
ভোল্টেজ ড্রপ 100 V.



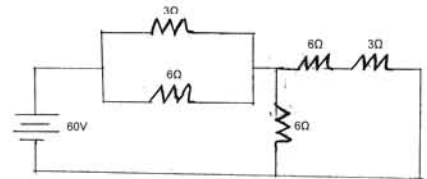
১১। পাশের বর্তনী হতে সরবরাহ ভোল্টেজ এবং রেজিস্ট্যান্স R_2 এর কারেন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর: সরবরাহ ভোল্টেজ 14.856 V এবং R_2 এর কারেন্ট 3 Amp.



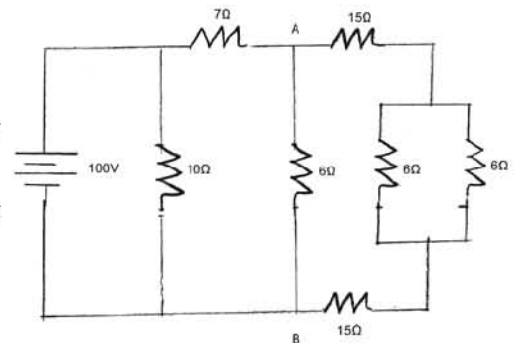
১২। পাশের বর্তনীর সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স ও শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর: সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স 5.428Ω এবং শাখা কারেন্টসমূহ
 $7.368 \text{ Amp.}, 3.684 \text{ Amp.}, 6.316 \text{ Amp.}, 4.737 \text{ Amp.}, 4.737 \text{ Amp.}$



১৩। পাশের বর্তনী হতে সমতুল্য রোধ ও অই শাখার কারেন্ট নির্ণয় কর।

উত্তর: সমতুল্য রোধ 5.47Ω এবং অই শাখার কারেন্ট
 7.014 Amp.



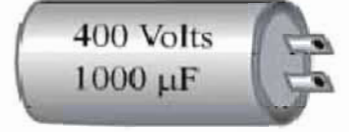
রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। একটি সম্পূর্ণ সার্কিটের উপাদানসমূহের বর্ণনা দাও। সার্কিট কত প্রকার ও কী কী?
- ২। সিরিজ সার্কিটের সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।
- ৩। সিরিজ সার্কিট হতে প্রমাণ কর যে, $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$.
- ৪। সিরিজ সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।
- ৫। সিরিজ সার্কিটের শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর।
- ৬। সিরিজ সার্কিটের শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় কর।
- ৭। প্যারালাল সার্কিটের মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় কর।
- ৮। প্যারালাল সার্কিট হতে প্রমাণ কর যে,
- ৯। প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট নির্ণয় কর।
- ১০। প্যারালাল সার্কিটের বিভিন্ন শাখা কারেন্ট নির্ণয় কর।
- ১১। প্যারালাল সার্কিটে শাখা রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়ি ভোল্টেজ নির্ণয় কর।

নবম অধ্যায় ক্যাপাসিটর ও ক্যাপাসিটর গ্রুপিং

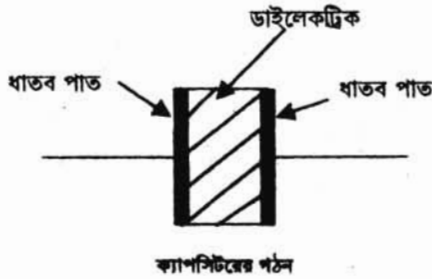
৯.১ ক্যাপাসিটর

ক্যাপাসিটর বা ধারক শব্দের অর্থ ধারণকারী। যে বস্তু চার্জ ধরে রাখতে পারে তাকে ক্যাপাসিটর বা ধারক বলে। কিন্তু আমরা জানি, একটি পরিবাহীর চার্জ ধরে রাখার একটি নির্দিষ্ট সীমা আছে। আবার কোনো বস্তুতে বেশি চার্জ দেয়া হলে চার্জ হারাতে শুরু করে। কোনো ব্যবস্থায় যদি পরিবাহীর ভোল্টেজ কমানো যায়, তাহলে উক্ত পরিবাহী আরও কিছু বেশি চার্জ ধরে রাখতে পারে। যে যান্ত্রিক ব্যবস্থা দ্বারা কোনো পরিবাহীর চার্জ ধারণ ক্ষমতা বৃদ্ধি করা যায় তাকে ক্যাপাসিটর বা ধারক বলে। অন্যভাবে বলা যায়, দুটো প্যারালেল পরিবাহীর মাঝে কোনো অপরিবাহী পদার্থ দ্বারা পৃথক করলে যে যান্ত্রিক ডিভাইস তৈরি হয়, তাকে ক্যাপাসিটর বলে। উপরে - ক্যাপাসিটর [চিত্র: ৯.১], নিচে - গঠন [চিত্র: ৯.২] এবং প্রতীক [চিত্র: ৯.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

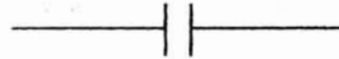


একে C দ্বারা প্রকাশ করা হয় এবং একক ফ্যারাড।

ক্যাপাসিটরের পরিবাহী দুটিকে ইলেকট্রোড বা প্লেট এবং অপরিবাহী পদার্থকে ডাই-ইলেকট্রিক বলে। ইলেকট্রোডের ক্ষেত্রফল, প্লেটের সংখ্যা ও ডাই-ইলেকট্রিকের উপর ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিটর নির্ভর করে।



চিত্র: ৯.২



ক্যাপাসিটরের প্রতীক

চিত্র: ৯.৩

৯.২ ক্যাপাসিট্যান্সের বিভিন্ন একক

আমরা জানি, পরিবাহীর বস্তুর চার্জ ধারণ করার একটি নির্দিষ্ট ক্ষমতা আছে। সাধারণত এটাই বস্তুর ক্যাপাসিট্যান্স বা ধারকত্ব। অন্যভাবে বলা যায় যে, নির্দিষ্ট মাধ্যমে ক্যাপাসিটরের চার্জ ও প্লেটের পটেনশিয়াল পার্থক্যের অনুপাত একটি ধ্রুব সংখ্যা। এ ধ্রুবকই ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স। মনে করি, কোনো পরিবাহীর বস্তুর পটেনশিয়াল পার্থক্য V পরিমাপ বৃদ্ধি করতে Q পরিমাপ চার্জের প্রয়োজন হয়। অর্থাৎ চার্জ পরিবাহী বস্তুর পটেনশিয়াল পার্থক্যের সমানুপাতিক।

$$\therefore Q \propto V$$

বা, $Q = CV$ [এখানে, C একটি ধ্রুব, যাকে ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স বলে।]

$$\text{বা, } CV = Q$$

$$\text{বা, } C = \frac{Q}{V}$$

সুতরাং, ক্যাপাসিট্যান্সকে C দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। ক্যাপাসিট্যান্সের আন্তর্জাতিক একক পদ্ধতি বা এস. আই. পদ্ধতিতে ফ্যারাড। বিখ্যাত ইংরেজ রসায়নবিদ ও পদার্থবিদ মাইকেল ফ্যারাডের নামানুসারে এর নামকরণ হয়েছে।

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ফ্যারাডে একক খুব বড় হয় বলে এর দশ লক্ষ ভাগের এক ভাগকে ক্যাপাসিট্যান্সের আরেকটি নতুন একক হিসেবে ধরা হয়। ঐ এককের নাম মাইক্রো ফ্যারাড।

১ ফ্যারাড = 10^6 মাইক্রো ফ্যারাড।

১ ফ্যারাড = 10^{12} পিকো ফ্যারাড বা মাইক্রো-মাইক্রো ফ্যারাড।

১ মাইক্রো ফ্যারাড = 10^{-6} ফ্যারাড।

১ মিলি ফ্যারাড = 10^{-3} ফ্যারাড।

ছোট একক থেকে ক্যাপাসিট্যান্স বড় এককে রূপান্তর:

10^6 মাইক্রো ফ্যারাড = ১ ফ্যারাড।

১ মাইক্রো ফ্যারাড = 10^{-6} ফ্যারাড।

10^{12} পিকো ফ্যারাড বা মাইক্রো-মাইক্রো ফ্যারাড = ১ ফ্যারাড।

১ মাইক্রো-মাইক্রো ফ্যারাড = 10^{-12} ফ্যারাড।

এক ফ্যারাড: কোনো ক্যাপাসিটরের পাতদ্বয়ের বিভব পার্থক্য এক ভোল্টে উন্নীত করতে যদি ১ কুলম্ব চার্জের প্রয়োজন হয়, তাহলে এর ক্যাপাসিট্যান্সকে এক ফ্যারাড বলে।

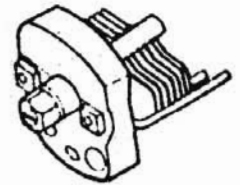
৯.৩ ক্যাপাসিটরের শ্রেণিবিভাগ

ক্যাপাসিটর প্রধানত তিন প্রকার। যথা -

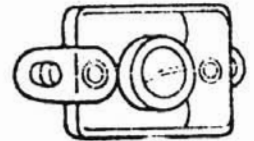
(ক) ফিক্সড ক্যাপাসিটর: যে ক্যাপাসিটরের মান পরিবর্তন করা যায় না, তাকে ফিক্সড বা নির্দিষ্টমানের ক্যাপাসিটর বলে।

ডাই-ইলেকট্রিকের প্রকৃতি অনুসারে ফিক্সড ক্যাপাসিটর আবার সাত প্রকার। যথা -

(১) এয়ার ক্যাপাসিটর: দুই সেট পিতল বা অ্যালুমিনিয়ামের প্লেটের মাঝখানে ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে বাতাস ব্যবহার করে এয়ার ক্যাপাসিটর তৈরি করা হয়। এ ধরনের ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিটি $0.01\mu F$ এর মধ্যে সীমাবদ্ধ থাকে। অর্থাৎ, এদের ক্যাপাসিট্যান্স খুব কম হয়। রেডিওতে (স্টেশন ধরার জন্য) এটি ব্যবহৃত হয়ে থাকে।



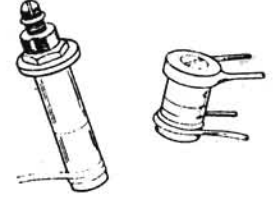
(২) মাইকা ক্যাপাসিটর: দুটি ধাতব পাতের মধ্যে ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে মাইকা পর্যায়ক্রমে সাজিয়ে শক্তভাবে আটকিয়ে মাইকা ক্যাপাসিটর তৈরি করা হয়। উচ্চ ফ্রিকুয়েন্সি সার্কিটে এটি ব্যবহৃত হয়।



(৩) পেপার ক্যাপাসিটর: টিনের পাতলা পাত ও ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে আর্দ্রতা দূর করার জন্য তেল বা মোমমিশ্রিত কাগজ একত্রে পাকিয়ে পেপার ক্যাপাসিটর তৈরি করা হয়। এ ধরনের ক্যাপাসিটরের রেটিং সাধারণত $0.0001\mu F$ হতে $4.0\mu F$ এবং $200V$ হতে $600V$ এর হয়ে থাকে। এটি প্রধানত অডিও ফ্রিকুয়েন্সি অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটে এবং লো ও উচ্চ ভোল্টেজে ব্যবহৃত হয়।

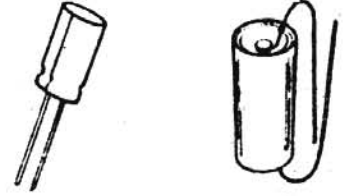
- (৪) **প্লাস্টিক ফিল্ম ক্যাপাসিটর:** ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে পেপারের বদলে অতি পাতলা হাই ভোল্টেজ রেটিংয়ের প্লাস্টিক ফিল্ম দিয়ে পেপার ক্যাপাসিটরের মতো একই পদ্ধতিতে প্লাস্টিক ফিল্ম ক্যাপাসিটর তৈরি করা হয়। প্লাস্টিক ফিল্ম ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে পলিস্টাইরিন, পলিয়েস্টার, পলিকার্বোনেট এবং পলিশ্রোপাইলিন ইত্যাদি ব্যবহৃত হয়। এর ইনসুলেশন রেজিস্ট্যান্স $1000\mu F$ হয়। এর কার্যকর ভোল্টেজ গায়ে লেখা থাকে।

- (৫) **সিরামিক ক্যাপাসিটর:** সিরামিক ক্যাপাসিটরে ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে টাইটানিয়াম ডাই-অক্সাইড, বেরিয়াম টাইটানেট কিংবা বিভিন্ন ধরনের সিলিকেট ব্যবহৃত হয়। পরিবাহী প্রুট হিসেবে সিরামিকের উপর অথবা সিলভারের কোটিং বা স্তর কপার করে ইলেকট্রোড বের করা হয়। পরে অপরিবাহী আবরণ দ্বারা আবৃত করা হয়। রেডিওর শর্ট ওয়েভ সার্কিটে এটি ব্যবহৃত হয়।

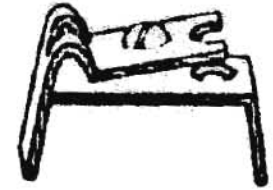


- (৬) **পলি কার্বনেট ক্যাপাসিটর:** পলি কার্বনেট ক্যাপাসিটরে ডাই-ইলেকট্রিক হিসেবে পলি কার্বনেট ব্যবহার করা হয়। পলিয়েস্টার ক্যাপাসিটরের মতো একই পদ্ধতিতে তৈরি করা হয়। এটি উচ্চ তাপমাত্রায় ডাই-ইলেকট্রিক ধ্রুব ও রোধ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

- (৭) **ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটর:** যে ক্যাপাসিটরে ইলেকট্রোলাইট হিসেবে রাসায়নিক পদার্থ যথা: বোরেক্স, কসফেট, কার্বনেট ইত্যাদি ব্যবহার করা হয় তাকে ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটর বলে। এ ক্যাপাসিটরে দুটি প্রুট থাকে। একটি পজেটিভ ইলেকট্রোড এবং অপরটি নেগেটিভ ইলেকট্রোড। এটি শুধুমাত্র ডিসিতে ব্যবহৃত হয়। এজন্য এর গায়ে পজেটিভ ও নেগেটিভ চিহ্ন দেয়া হয়। এর মান উচ্চ ভোল্টেজের ক্ষেত্রে $5PF$ হতে $2000\mu F$ পর্যন্ত হয়। লো-ভোল্টেজ রেটিংয়ের ক্ষেত্রে $600\mu F$ পর্যন্ত হয়ে থাকে। এটি ডিসি সরবরাহে ব্যবহৃত হয়। এছাড়াও, ফিল্টার সার্কিটে রিপল দূর করতে, সার্কিটের টাইম পিরিয়ড বাড়াতে ও ট্রিগারিং পালস তৈরি করতে ব্যবহৃত হয়।



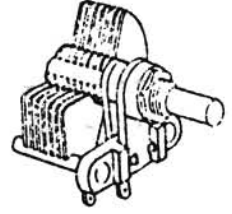
- (৬) **নন-ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটর:** যে সকল ক্যাপাসিটর পোলারাইজড নয়, সে সব ক্যাপাসিটরকে নন-ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটর বলে। নন-ইলেকট্রোলাইটিক প্রুট দুটি পাতলা সিলভার অথবা অ্যালুমিনিয়াম ফুয়েল দ্বারা তৈরি করা হয়। প্রুট দুটিকে রোল করে ওয়াক্সড পেপার, পলিথিন, পলিয়েস্টার অথবা পলি কার্বনেট ফিল্ম ইত্যাদি অপরিবাহী পদার্থ দ্বারা আলাদা করা হয়। এ ধরনের ক্যাপাসিটরের রেটিং সাধারণত $0.0001\mu F$ হতে $4.0\mu F$ হয় এবং ভোল্টেজ রেটিং $200V$ হতে $600V$ হয়ে থাকে। এটি এসি ও ডিসি উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। এছাড়াও, অডিও ফ্রিকুয়েন্সি অ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট ও ডিসি পাওয়ার সাপ্লাইয়ে ব্যবহৃত হয়।



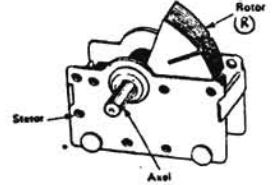
- (খ) **অ্যাডজাস্টেবল ক্যাপাসিটর:** নির্দিষ্ট কাজের জন্য কতগুলো ক্যাপাসিটর সিরিজ অথবা প্যারালালে অথবা সিরিজ-প্যারালালে গ্রুপিং করে তৈরি করা হয়, তাকে অ্যাডজাস্টেবল ক্যাপাসিটর বলে। রেডিও, টেলিভিশন, টেপ রেকর্ডার ইত্যাদি মেরামত করতে এটি ব্যবহৃত হয়। এছাড়াও, নতুন মানের ক্যাপাসিটর গ্রুপিং করতে এটি ব্যবহৃত হয়। ডাই-ইলেকট্রিকের ব্যবহার অনুযায়ী অ্যাডজাস্টেবল ক্যাপাসিটর আবার দুই প্রকার। যথা -

- (১) এয়ার টিউন্ড এবং
- (২) মাইকা টিউন্ড।

- (গ) ভেরিয়্যাবল ক্যাপাসিটর: যে ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্সের মান প্রয়োজন মতো পরিবর্তন করা যায় না, তাকে ভ্যারিয়েবল বা পরিবর্তনশীল মানের ক্যাপাসিটর বলে। ভেরিয়্যাবল ক্যাপাসিটর প্রধানত দুই প্রকার। যথা -



- (১) গ্যাং ক্যাপাসিটর: গ্যাং ক্যাপাসিটর একাধিক ভ্যারিয়েবল ক্যাপাসিটর একই সাথে সংযুক্ত অবস্থায় থাকে এবং একই সাথে এরা কার্যকরী হয়। গ্যাং ক্যাপাসিটরের প্রোটগুলো একটি শ্যাফট জ এর সাহায্যে ঘুরিয়ে ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্সের মান বাড়ানো অথবা কমানো যায়। রেডিও রিসিভারের স্টেশন সিগন্যাল টিউনিংয়ের কাজে এটি ব্যবহৃত হয়। এছাড়া ইলেকট্রনিক্স সরঞ্জামাদিতে টিউনিংয়ের কাজেও এর ব্যবহার হয়ে থাকে।



- (২) ট্রিমার ক্যাপাসিটর: ট্রিমার ক্যাপাসিটরে সংযোগের জন্য দুটি পয়েন্ট থাকে। প্রতিটি ট্রিমারে একটি জু থাকে, যার সাহায্যে ট্রিমারের মান কম অথবা বৃদ্ধি করা যায়। চিত্রে A ও ই দুটি ক্যাপাসিটরের পয়েন্ট এবং C টিউনিং জু দেখানো হয়েছে। এর ক্যাপাসিটর 4PF হতে 70PF পর্যন্ত হয়। রেডিও/টেলিভিশন অথবা যে কোনো ইলেকট্রনিক্স বস্তুপাতিতে টিউনিংয়ের জন্য ব্যবহৃত হয়।

৯.৪ ক্যাপাসিটরের ব্যবহার

ক্যাপাসিটরের ব্যবহার নিম্নে দেয়া হলো -

- (ক) সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টরের উন্নতি করতে ক্যাপাসিটর ব্যবহৃত হয়।
- (খ) পরিবাহী বস্তুর চার্জ ধারণ করতে ক্যাপাসিটর ব্যবহৃত হয়।
- (গ) ফিল্টার সার্কিটে এসি কারেন্টকে বাধা দেয়া এবং ডিসি কারেন্টকে প্রবাহিত করতে ক্যাপাসিটর ব্যবহৃত হয়।
- (ঘ) টিউব লাইটের বিচ্ছিন্ন আলো দর্শনের ত্রুটি দূর করতে ক্যাপাসিটর ব্যবহৃত হয়।
- (ঙ) সিঙ্গেল ফেজ মোটর চালু করতে ক্যাপাসিটর ব্যবহৃত হয়।

৯.৫ ক্যাপাসিটর গ্রুপিং

একই বর্তনীতে একাধিক ক্যাপাসিটরকে নিয়ম অনুযায়ী সিরিজ বা প্যারালাল সংযুক্ত করার পদ্ধতিকে ক্যাপাসিটরের গ্রুপিং বলে। ক্যাপাসিটরের মান যখন নির্দিষ্ট মানের হয়, তখন ক্যাপাসিটরের মান বাড়ানো বা কমানো যায় না। ক্যাপাসিটরের মান বাড়ানোর প্রয়োজন হলে ক্যাপাসিটরের প্যারালাল গ্রুপিং করা হয়। ক্যাপাসিটরের কারেন্টের মান কমাতে হলে প্যারালাল গ্রুপিং করে মান কমানো যায়। ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে ক্যাপাসিট্যান্স কমে আর ক্যাপাসিটরগুলো প্যারালালে সংযোগ করলে মোট ক্যাপাসিট্যান্স বৃদ্ধি পায়।

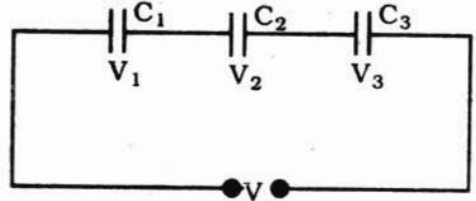
৯.৬ ক্যাপাসিটর গ্রুপিংয়ের শ্রেণিবিভাগ

ক্যাপাসিটর গ্রুপিং তিন প্রকার। যথা -

- (ক) ক্যাপাসিটরের সিরিজ গ্রুপিং বা ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ;
- (খ) ক্যাপাসিটরের প্যারালাল গ্রুপিং বা ক্যাপাসিটরের প্যারালাল সংযোগ এবং
- (গ) ক্যাপাসিটরের সিরিজ প্যারালাল গ্রুপিং বা ক্যাপাসিটরের মিশ্র সংযোগ।

৯.৭ সিরিজে সংযোজিত একাধিক ক্যাপাসিটরের মোট ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়

যদি কতকগুলো ক্যাপাসিটর একটার পর একটা, প্রথম ক্যাপাসিটরের প্রথম প্রান্ত খোলা রেখে দ্বিতীয় প্রান্ত দ্বিতীয় ক্যাপাসিটরের প্রথম প্রান্তের সাথে এভাবে পরপর সংযোগ করে ক্যাপাসিটরের যে সংযোগ করা হয়, তাকে ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ বলে। পাশে ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ [চিত্র: ৯.১১] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



মনে করি,

মোট সিরিজ সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স = C_s , ফ্যারাডে

তিনটি শাখা ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স যথাক্রমে C_1 , C_2 ও C_3 , ফ্যারাডে

তিনটি শাখা ক্যাপাসিটরের চার্জ যথাক্রমে Q_1 , Q_2 ও Q_3 , কুলম্বে

সরবরাহ লাইনের আড়াআড়ি ভোল্টেজ = V , ভোল্টে

মোট চার্জ = Q , কুলম্বে

আমরা জানি,

সিরিজ সংযোগে মোট চার্জ প্রতিটি ক্যাপাসিটরের শাখা চার্জের সমান। অর্থাৎ $Q = Q_1 = Q_2 = Q_3$

আবার আমরা জানি,

$$V = \frac{Q}{C_s}$$

$$\therefore V_1 = \frac{Q}{C_1} = \frac{Q}{C_s}$$

$$\therefore V_2 = \frac{Q}{C_2} = \frac{Q}{C_s} \text{ [যেহেতু } Q_1 = Q_2 = Q_3]$$

$$\therefore V_3 = \frac{Q}{C_3} = \frac{Q}{C_s}$$

সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ প্রতিটি ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজের যোগফলের সমান। অর্থাৎ $V = V_1 + V_2 + V_3$

$$\text{বা, } \frac{Q}{C_s} = \frac{Q}{C_1} + \frac{Q}{C_2} + \frac{Q}{C_3}$$

$$\text{বা, } \frac{Q}{C_s} = Q \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \right)$$

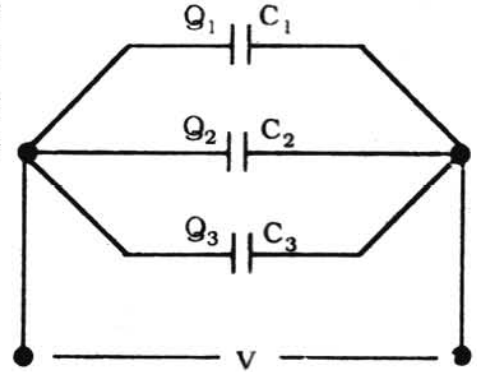
$$\text{বা, } \frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \text{ [উভয় পক্ষকে } Q \text{ দ্বারা ভাগ করে পাই।]}$$

যদি সার্কিটে হ-সংখ্যক ক্যাপাসিট্যান্স সিরিজে সংযোগ করা হয়, তবে সার্কিটে মোট সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স,

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n} \text{ হবে।}$$

৯.৮ প্যারাললে সংযোজিত একাধিক ক্যাপাসিটরের মোট ক্যাপাসিট্যান্স নির্ণয়

যখন একাধিক ক্যাপাসিটরের প্রথম প্রান্তগুলো একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে এবং ক্যাপাসিটরের দ্বিতীয় প্রান্তগুলো অপর এক নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগ করে যে গ্রুপিং করা হয়, তাকে ক্যাপাসিটরের প্যারালল সংযোগ বলে। পাশে ক্যাপাসিটরের প্যারালল সংযোগ [চিত্র: ৯.১২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



মনে করি,

মোট সমতুল্য প্যারালল ক্যাপাসিট্যান্স = C_p , ফ্যারাডে

মোট চার্জ = Q , কুলম্বে

তিনটি ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স যথাক্রমে C_1 , C_2 ও C_3 , ফ্যারাডে

তিনটি ক্যাপাসিট্যান্সের চার্জ যথাক্রমে Q_1 , Q_2 ও Q_3 , কুলম্বে

সরবরাহ ক্যাপাসিটরের আড়াআড়ি ভোল্টেজ V , ভোল্টে

আমরা জানি,

প্যারালল সার্কিটের মোট চার্জ, এটির শাখা চার্জের যোগফলের সমান।

অর্থাৎ $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$ (i)

আমরা জানি,

$$Q = C_p V$$

$$Q_1 = C_1 V \quad [V = V_1 = V_2 = V_3]$$

$$Q_2 = C_2 V$$

$$Q_3 = C_3 V$$

Q , Q_1 , Q_2 এবং Q_3 এর মান (র)নং সমীকরণে বসাই।

$$\therefore C_p V = C_1 V + C_2 V + C_3 V$$

$$\text{বা, } C_p V = V(C_1 + C_2 + C_3)$$

$$\text{বা, } C_p = C_1 + C_2 + C_3 \quad [\text{উভয় পক্ষকে } V \text{ দ্বারা ভাগ করে পাই}]$$

যদি প্যারালল সার্কিটে n -সংখ্যক ক্যাপাসিট্যান্স সংযোগ থাকে, তাহলে সার্কিটে মোট সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স, $C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$ হবে।

৯.৯ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যা-১: $4\mu F$, $6\mu F$, $12\mu F$ এবং $18\mu F$ এর চারটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?

সমাধান: মনে করি, মোট সমতুল্য সিরিজ ক্যাপাসিট্যান্স = C_s , ফ্যারাডে

$$\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4}$$

$$= \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{12} + \frac{1}{18}$$

$$= \frac{9+6+3+2}{36} = \frac{20}{36} = \frac{5}{9}$$

$$\therefore C_s = \frac{9}{5} \text{ [বিপরীত করে]}$$

$$= 1.8 \mu F \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-২: $4 \mu F$ এবং $12 \mu F$ এর দুইটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?

সমাধান: মনে করি,

মোট সমতুল্য সিরিজ ক্যাপাসিট্যান্স = C_s , মাইক্রো ফ্যারাডে

$$C_s = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3 \mu F \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-৩: $5 \mu F$, $10 \mu F$, $15 \mu F$ এবং $20 \mu F$ এর চারটি ক্যাপাসিটর প্যারাললে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?

সমাধান: মনে করি,

মোট সমতুল্য প্যারালল ক্যাপাসিট্যান্স = C_p , মাইক্রো ফ্যারাডে

$$C_p = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 = 5 + 10 + 15 + 20 = 50 \mu F \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-৪: $0.5 \mu F$ এবং $1.5 \mu F$ এর দুইটি ক্যাপাসিটর প্যারাললে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?

সমাধান: মনে করি,

মোট সমতুল্য প্যারালল ক্যাপাসিট্যান্স = C_p , মাইক্রো ফ্যারাডে

$$C_p = C_1 + C_2 = 0.5 + 1.5 = 2 \mu F \text{ (উত্তর)}$$

অনুশীলনী-৯

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ক্যাপাসিটর কী?
- ২। ক্যাপাসিট্যান্স কী?
- ৩। ক্যাপাসিটরের কাজ কী?
- ৪। ক্যাপাসিটর গ্রুপিং কী?
- ৫। ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ কী?
- ৬। ক্যাপাসিটরের প্যারালল সংযোগ কী?
- ৭। কোনো ক্ষেত্রে নন-ইলেকট্রোস্ট্যাটিক ক্যাপাসিটর উপযোগী?
- ৮। ক্যাপাসিট্যান্সের সূত্র লেখ।
- ৯। ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স কিসের সাথে সমানুপাতিক?
- ১০। ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স কিসের সাথে ব্যস্তানুপাতিক?
- ১১। ক্যাপাসিটরের ভিতরে যে অন্তরক পদার্থ ব্যবহার করা হয় তাকে কী বলে?

- ১২। দুটি সমান্তরাল পরিবাহী পরস্পরের কোনো অন্তরক পদার্থ দ্বারা পৃথক করলে কী তৈরি হয়?
- ১৩। ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটরে ইলেকট্রোড কী কী?
- ১৪। ইলেকট্রোলাইটিক ক্যাপাসিটরে উল্টো দিকে কারেন্ট প্রবাহিত হলে কী হবে?
- ১৫। ইলেকট্রোড ও ডাই-ইলেকট্রিক কী?
- ১৬। প্যারালাল সংযোগে ক্যাপাসিট্যান্স বের করার সমীকরণ লেখ।
- ১৭। ক্যাপাসিটরকে সিরিজ সার্কিটে সংযোগ করলে ক্যাপাসিট্যান্স বৃদ্ধি পায় না কমে যায়?
- ১৮। ক্যাপাসিটরকে প্যারালাল সার্কিটে ক্যাপাসিটরের সাথে প্যারালাল সংযোগ করলে ক্যাপাসিট্যান্স কী বৃদ্ধি না হ্রাস পাবে?
- ১৯। সিরিজে ক্যাপাসিট্যান্স বের করার সমীকরণটি লেখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ক্যাপাসিটরের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ২। ক্যাপাসিটরের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ৩। ক্যাপাসিট্যান্স কী?
- ৪। ক্যাপাসিটর কী? এর একক লেখ।
- ৫। কী কী উপাদানের উপর ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স নির্ভর করে?
- ৬। ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ কাকে বলে?
- ৭। ক্যাপাসিটরের প্যারালাল সংযোগ কাকে বলে?

সমস্যাবলি

- ১। $5\mu F$, $10\mu F$, $20\mu F$ এবং $25\mu F$ এর চারটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?
উত্তর: $2.46\mu F$
- ২। $10\mu F$ এবং $15\mu F$ এর দুইটি ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?
উত্তর: $6\mu F$
- ৩। $5\mu F$, $6\mu F$, $7\mu F$ এবং $8\mu F$ এর চারটি ক্যাপাসিটর প্যারালালে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?
উত্তর: $26\mu F$
- ৪। $2.5\mu F$ এবং $3.5\mu F$ এর দুইটি ক্যাপাসিটর প্যারালালে সংযোগ করলে সমতুল্য ক্যাপাসিট্যান্স কত হবে?
উত্তর: $6\mu F$

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $\frac{1}{C_s} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_n}$
- ২। ক্যাপাসিটরের প্যারালাল সংযোগের ক্ষেত্রে প্রমাণ কর যে, $C_p = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$
- ৩। ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ বলতে কী বোঝায়?
- ৪। ক্যাপাসিটরের প্যারালাল সংযোগ বলতে কী বোঝায়?

দশম অধ্যায় চুম্বক ও চুম্বকত্ব

১০.১ চুম্বক

যে পদার্থের আকর্ষণী ও দিকদর্শী ধর্ম আছে এবং মুক্ত অবস্থায় সুতা দিয়ে ঝুলিয়ে দিলে উত্তর ও দক্ষিণ দিকে মুখ করে থাকে, তাকে চুম্বক বলে। প্রথমে এশিয়া মাইনরের ম্যাগনেশিয়া নামক স্থানে ধূসর কালো রং এবং এক প্রকার খনিজ আকরিক পাওয়া যায়, যার মধ্যে চুম্বকের এ ধর্মগুলো বিদ্যমান ছিল। উক্ত স্থানের নামানুসারে ঐ আকরিকের নামকরণ করা হয় ম্যাগনেটাইট। এ ম্যাগনেটাইট হতে ইংরেজি নাম ম্যাগনেট হয়েছে যার বাংলা অর্থ চুম্বক।

১০.২ চুম্বকের ধর্ম

চুম্বকের মূল ধর্ম চারটি। যথা -

- (ক) আকর্ষণী ধর্ম: যে ধর্মের কারণে চুম্বক অন্যান্য অনেক পদার্থকে আকর্ষণ করে তাকে চুম্বকের আকর্ষণী ধর্ম বলে। চুম্বক লৌহ বা লৌহজাতীয় পদার্থকে আকর্ষণ করে। এক খণ্ড চুম্বকে লৌহ চূর্ণের মধ্যে ডুবালে, চুম্বকে লৌহচূর্ণ গুঁড়াগুলো লেগে যায়। এর অর্থ চুম্বক লৌহ চূর্ণকে আকর্ষণ করে।
- (খ) দিকদর্শী ধর্ম: চুম্বক যে ধর্মের দ্বারা দিক নির্দেশ করতে পারে তাকে চুম্বকের দিকদর্শী ধর্ম বলে। একটি চুম্বকে পাকহীন সুতার সাহায্যে মুক্তভাবে ঝুলিয়ে দিলে কয়েকবার দোলার পর অবশেষে মোটামুটি ভৌগোলিকভাবে উত্তর ও দক্ষিণ দিক বরাবর মুখ করে স্থির থাকে এবং উত্তর ও দক্ষিণ দিক নির্দেশ করে।
- (গ) বিপরীত ধর্ম দুইটি প্রান্ত: প্রত্যেক চুম্বকের একটি উত্তর মেরু ও একটি দক্ষিণ মেরু থাকে। দুইটি চুম্বকের সমধর্মী দুইটি প্রান্ত কাছাকাছি আনলে একে অপরকে বিকর্ষণ করে এবং বিপরীতধর্মী প্রান্তদ্বয় পরস্পরকে আকর্ষণ করে।
- (ঘ) চুম্বকন ধর্ম: চুম্বক দ্বারা লৌহপাতকে ঘর্ষণ করলে লৌহ খণ্ডটি চুম্বকে পরিণত হয়। চুম্বকের এ ধর্মকে চুম্বকন ধর্ম বলে। সুতরাং, চুম্বকের যে ধর্মের দরুণ চুম্বক দ্বারা ঘষে লৌহ পদার্থকে চুম্বকের ধর্ম সঞ্চার করা যায় তাকে চুম্বকন ধর্ম বলে।

তবে সর্বসম্মতিক্রমে চুম্বকের দুটি ধর্ম সাব্যস্ত করা হয়েছে। যথা -

- (১) আকর্ষণী ধর্ম এবং
- (২) দিকদর্শী ধর্ম।

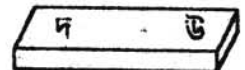
১০.৩ চুম্বকের শ্রেণিবিভাগ

চুম্বক প্রধানত দুই প্রকার। যথা -

- (ক) প্রাকৃতিক চুম্বক: যে চুম্বক প্রকৃতিতে অর্থাৎ পাহাড়, পর্বত ও খনি ইত্যাদিতে পাওয়া যায়, তাকে প্রাকৃতিক চুম্বক বলে। প্রাকৃতিক চুম্বকের আকর্ষণী ও দিকদর্শী গুণ খুব কম। এ কারণে আধুনিক বিজ্ঞান ও প্রযুক্তি ক্ষেত্রে এ চুম্বকের ব্যবহার তেমন নেই বললেই চলে।
- (খ) কৃত্রিম চুম্বক: পরীক্ষাগারে কৃত্রিম উপায়ে যে চুম্বক তৈরি করা হয়, তাকে কৃত্রিম চুম্বক বলে। এ চুম্বকের শক্তি বেশি। এতে কেবলমাত্র দুটি মেরু থাকে। শিল্পক্ষেত্রে ও বৈজ্ঞানিক কাজে এটি ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়।

কৃত্রিম চুম্বক আবার দুই প্রকার। যথা -

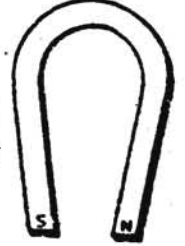
- (ক) স্থায়ী চুম্বক: যে চুম্বক পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করার পর চুম্বকত্ব শক্তিকে অপসারিত করলে যদি চুম্বকত্ব বজায় থাকে, তাকে স্থায়ী চুম্বক বলে। যথা: ইস্পাত, অ্যালুমিনিয়াম, স্ট্যালয় ইত্যাদি।



(খ) অস্থায়ী চুম্বক: যে চুম্বক পদার্থকে চুম্বকে পরিণত করার পর চুম্বকত্ব শক্তিকে অপসারিত করলে চুম্বকত্ব নষ্ট হয়ে যায়, তাকে অস্থায়ী চুম্বক বলে। যথা: কাচা লোহার চুম্বক।

প্রত্যুত্প্রণালী অনুযায়ী কৃত্রিম চুম্বক আবার ছয় প্রকার। যথা -

(ক) দণ্ড চুম্বক: এটি ইস্পাতের তৈরি আয়তাকার বিশিষ্ট একটি স্থায়ী চুম্বক। যেহেতু এর আকার লম্বাটে, সেজন্য একে দণ্ড চুম্বক বলা হয়।



(খ) অশ্ব-ক্ষুরাকৃতি চুম্বক: যে সকল চুম্বকের আকার দেখতে ঘোড়ার ক্ষুরের মতো বা টি আকৃতির হয়, তাকে অশ্ব-ক্ষুরাকৃতি চুম্বক বলে। এই চুম্বকের মেরুদ্বয় কাছাকাছি থাকায় চুম্বক শক্তি বেশি হয়। বিভিন্ন বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রে এ চুম্বক ব্যবহার করা হয়।

(গ) শলাকা চুম্বক: যে চুম্বকের মধ্যভাগ মোটা এবং দুপ্রান্ত সুচের মতো সরু শলাকাবিশিষ্ট হয়, তাকে শলাকা চুম্বক বলে। এগুলো সাধারণত দিক দর্শক যন্ত্রে ও বৈদ্যুতিক মিটার যথা: ম্যাগনেটোমিটার, ট্যানজেন্ট গ্যালভানোমিটার ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়।



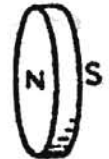
(ঘ) রিং চুম্বক: যে চুম্বকের আকার দেখতে আঁটির মতো গোলাকার, তাকে রিং চুম্বক বলে।



(ঙ) চোলাকৃতি চুম্বক: যে চুম্বকের আকার দেখতে সিলিড্রিক্যাল বা চোলাকৃতির মতো, তাকে চোলাকৃতি চুম্বক বলে।



(চ) শেল চুম্বক: পাত আকারের যে চুম্বকের এক পৃষ্ঠে উত্তর মেরু এবং অপর পৃষ্ঠে দক্ষিণ মেরু বিদ্যমান থাকে, তাকে শেল চুম্বক বলে।

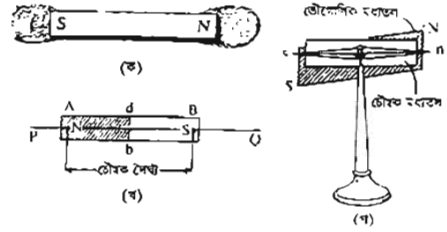


১০.৪ চুম্বকত্ব

যে পদার্থের আকর্ষণী ও দিকদর্শী ধর্ম বিদ্যমান আছে এবং যুক্ত অবস্থায় সুতা দিয়ে বেধে ঝুলিয়ে দিলে উত্তর ও দক্ষিণ দিকে মুখ করে থাকে, তাকে চুম্বক বলে। আর চুম্বকীয় পদার্থে আকর্ষণী ও দিকদর্শী ধর্ম বিদ্যমান থাকে। চুম্বকের শক্তিকেই চুম্বকত্ব বলে। সুতরাং, যে ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যের জন্য চুম্বকে আকর্ষণী বা দিক নির্দেশ করে থাকে, সেই ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যকে চুম্বকত্ব বলে।

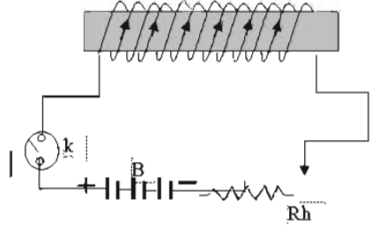
১০.৫ চুম্বক ক্ষেত্র

কোনো চুম্বকের চারদিকে যে স্থান জুড়ে এর প্রভাব বিস্তৃত থাকে অর্থাৎ আকর্ষণজনিত অথবা বিকর্ষণজনিত প্রভাব হতে পারে সে অঞ্চলকে চুম্বক ক্ষেত্র বলে। গাণিতিক নিয়মে চুম্বকের এ প্রভাব অর্থাৎ একটি চুম্বকের চুম্বক ক্ষেত্র অসীম পর্যন্ত বিস্তৃত হয়। বাস্তবক্ষেত্রে দেখা যায় যে, নির্দিষ্ট চুম্বক ক্ষেত্র জুড়ে এটি প্রভাব বিস্তার করে।



১০.৬ চুম্বকীয়করণের বৈদ্যুতিক পদ্ধতি

পাশে [চিত্র: ১০.৮] একটি কাচা লোহার দণ্ডের চারদিকে সুপার এনামেল তার তার প্যাঁচানো দেখানো হয়েছে। উক্ত তারের দুই প্রান্তের আড়াআড়ি একটি ব্যাটারি (B) সংযোগ করা হয়েছে। এ তারের সাথে একটি পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স (Rh) একটি সুইচ (k) ব্যাটারির পজিটিভ টার্মিনালের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয়েছে যাতে, কয়েলের প্রবাহিত কারেন্টকে সুইচের মাধ্যমে নিয়ন্ত্রণ করা যায়।



এখন সুইচ অন করলে লোহার দণ্ডের উপর প্যাঁচানো কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হবে, ফলে লোহার দণ্ডটি চুম্বকে পরিণত হবে। যতক্ষণ পর্যন্ত সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহিত হতে থাকবে ততক্ষণ পর্যন্ত লোহার দণ্ডটি চুম্বক থাকবে। আর সুইচটি 'অফ' করার সাথে সাথে লোহার দণ্ডটি চুম্বকত্ব হারিয়ে ফেলবে।

যদি লোহার দণ্ডটি ইস্পাত অথবা শংকর ধাতুর তৈরি হলে সুইচটি 'অফ' করলে কারেন্ট চলাচল বন্ধ হয়ে যাবে। কিন্তু লোহার দণ্ডটি সবটুকু চুম্বকত্ব হারাবে না। কিছুটা চুম্বকত্ব থেকে যাবে। এ থেকে পাওয়া কিছুটা চুম্বকত্বকে অবশিষ্ট চুম্বকত্ব বলে। এভাবে একটি লোহার দণ্ডকে চুম্বকে পরিণত করা যায়।

১০.৭ চৌম্বক পদার্থ ও অ-চৌম্বক পদার্থ

চৌম্বক পদার্থ: যে সকল পদার্থ চুম্বক দ্বারা আকৃষ্ট হয় এবং বিভিন্ন প্রক্রিয়ার সাহায্যে কৃত্রিমভাবে চুম্বকে পরিণত করা যায় তাকে চৌম্বক পদার্থ বলে। যথা: কাচা লোহা, ইস্পাত, নিকেল প্রভৃতি চৌম্বক পদার্থ। পৃথিবীতে চৌম্বক পদার্থের সংখ্যা সীমিত। চৌম্বক পদার্থ তিন প্রকার। যথা -

- (ক) **প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থ:** যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে খুব কম বা নগণ্য পরিমাণ আকর্ষিত হয় তাকে প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যেমন: অ্যালুমিনিয়াম, প্রাটিনাম ইত্যাদি প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থের উদাহরণ।
- (খ) **ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থ:** যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে বিকর্ষিত হয় তাকে ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যেমন: দস্তা, পারদ, পানি, স্বর্ণ, সীসা, টিন ইত্যাদি ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থের উদাহরণ।
- (গ) **ফেরো-ম্যাগনেটিক পদার্থ:** যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে খুব বেশি আকর্ষিত হয় তাকে ফেরো-ম্যাগনেটিক পদার্থ বলে। যেমন: লোহা, ইস্পাত, কোবাল্ট ইত্যাদি ফেরো-ম্যাগনেটিক পদার্থের উদাহরণ।

অ-চৌম্বক পদার্থ: যে সকল পদার্থ চুম্বকের দ্বারা আকর্ষিত ও বিকর্ষিত হয় না এবং যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায় না তাকে অ-চৌম্বক পদার্থ বলে। যেমন: কাচ, পানি, তামা, পিতল ইত্যাদি।

অনুশীলনী-১০

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। যে বস্তুতে আকর্ষণী ও দিক নির্দেশক ধর্ম বিদ্যমান থাকে তাকে কী বলে?
- ২। অনির্দিষ্ট সময়ের জন্য চৌম্বকীয় গুণাবলি ধরে রাখতে পারে যে পদার্থ সেটি কী?
- ৩। কৃত্রিম চুম্বক তৈরি করা যায় কী দ্বারা?
- ৪। যে সকল চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে খুবই কম আকর্ষিত হয় তাকে কী বলে?
- ৫। যে সকল চৌম্বক পদার্থ চৌম্বকের প্রভাবে বিকর্ষিত হয় তাকে কী বলে?
- ৬। পদার্থের চুম্বকত্ব প্রমাণ পছাটি কী?
- ৭। চুম্বক শলাকার প্রাপ্তদ্বয় কেমন?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। চুম্বকত্ব কী?
- ২। চুম্বকের ধর্ম কয়টি ও কী কী?
- ৩। চুম্বকের শ্রেণিবিভাগ লেখ।
- ৪। চুম্বক কী?
- ৫। পারদ কোনো ধরনের পদার্থ?
- ৬। প্রাটিনাম কোনো ধরনের পদার্থ?
- ৭। প্যারা-ম্যাগনেটিক পদার্থ কী?
- ৮। ডায়া-ম্যাগনেটিক পদার্থ কী?
- ৯। ফেরো-ম্যাগনেটিক পদার্থ কী?
- ১০। কৃত্রিম চুম্বক কাকে বলে? এটি কত প্রকার ও কী কী?
- ১১। স্থায়ী চুম্বক কোথায় ব্যবহার করা হয়?
- ১২। চুম্বকের ধর্ম বলতে কী বোঝায়?
- ১৩। দণ্ড চুম্বক কী বলে?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। চুম্বক কাকে বলে? এটি কত প্রকার ও কী কী? চুম্বকত্ব বলতে কী বোঝায়?
- ২। চুম্বকের ধর্মগুলো বর্ণনা কর।
- ৩। স্থায়ী চুম্বক ও অস্থায়ী চুম্বকের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৪। চৌম্বক পদার্থ ও অচৌম্বক পদার্থের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৫। প্রাকৃতিক চুম্বক ও কৃত্রিম চুম্বকের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৬। 'চুম্বকের সমমেরুতে বিকর্ষণ ও বিপরীত মেরুতে আকর্ষণ।' – কথাটি ব্যাখ্যা কর।

একাদশ অধ্যায় ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন

১১.১ ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন সূত্র বিবৃতকরণ

ইংরেজ রসায়নবিদ ও পদার্থবিজ্ঞানী মাইকেল ফ্যারাডে ১৮৩১ সালে সর্বপ্রথম চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা বিদ্যুৎ প্রবাহ সৃষ্টি করা যায় তা আবিষ্কার করেন। তাই একে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন বা বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় আবেশ বলে। তিনি প্রমাণ করেন যে, যখন কোনো পরিবাহী তারে চৌম্বক বলরেখাকে কর্তন করে তখন ঐ পরিবাহী তারে ইলেকট্রোমোটভ ফোর্স উৎপন্ন হয়। এছাড়াও তিনি প্রমাণ করেন যে, ইলেকট্রোমোটভ ফোর্সের পরিমাণ ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স যে হারে পরিবর্তন হয় এটির সমানুপাতিক। উক্ত তথ্যগুলো ফ্যারাডে প্রথম আবিষ্কার করেন বলেই সূত্রগুলোকে ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন সূত্র বলে।

প্রথম সূত্র: যদি একটি তার বা কয়েলে ইলেকট্রোমোটভ ফোর্স আবেশিত হয়, তখন উক্ত তারের সাথে সংযুক্ত ফ্লাক্সের পরিবর্তন ঘটে।

দ্বিতীয় সূত্র: আবিষ্ট ইলেকট্রোমোটভ ফোর্স সরাসরি ফ্লাক্সের পরিবর্তন হারের সাথে সমানুপাতিক।

ফ্যারাডের সূত্রের গাণিতিক ব্যাখ্যা:

মনে করি,

আবিষ্ট তড়িৎ চালক বল = e , ভোল্টে

তারের প্যাঁচের সংখ্যা = n

t সেকেন্ড আগে ফ্লাক্স = ϕ_1 , ওয়েবারে

t সেকেন্ড পরে ফ্লাক্স = ϕ_2 , ওয়েবারে

$\therefore$ ফ্লাক্স পরিবর্তনের হার = $\frac{\phi_2 - \phi_1}{t}$, ওয়েবার / সেকেন্ডে

ফ্যারাডের দ্বিতীয় সূত্রানুসারে লেখা যায়, $e \propto \frac{\phi_2 - \phi_1}{t}$ ভোল্টে

যদি কুণ্ডলীতে n - সংখ্যক প্যাঁচ থাকে তবে আবিষ্ট তড়িৎ চালক বল হবে, $e \propto n \frac{\phi_2 - \phi_1}{t}$ ভোল্ট

বা, $e = kn \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{t} \right)$ [এখানে k একটি সমানুপাতিক-ধ্রুবক।]

$= n \left(\frac{\phi_2 - \phi_1}{t} \right)$ [এখানে $k = 1$ ধরা হয়]

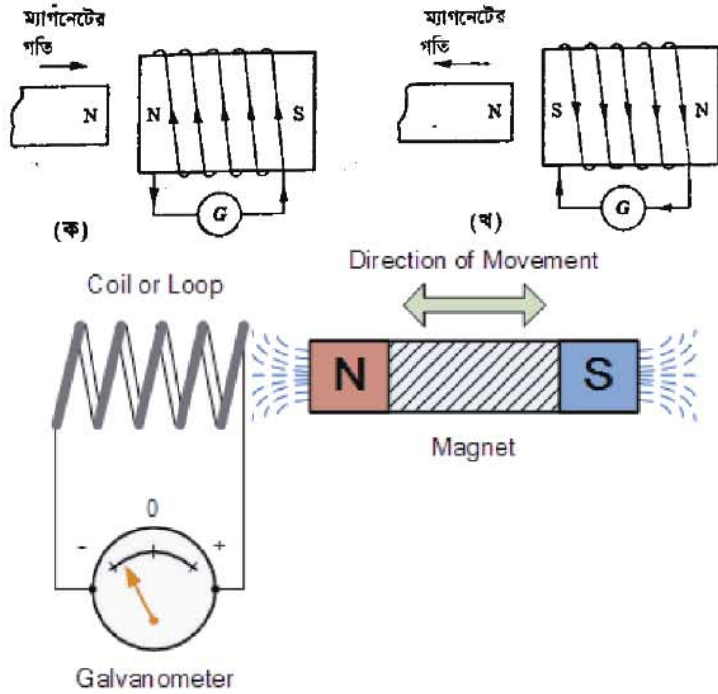
এখন, $\phi_2 - \phi_1 = \phi$ ধরা হয়, তবে $e = n \frac{\phi}{t}$ ভোল্ট হয়।

ক্যালকুলাসের নিয়মে উক্ত সূত্রটি প্রকাশ করা যায়, যদি dt সময়ে পরিবর্তনশীল ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স হয়, তাহলে তড়িৎ চালক বল হবে, $e = n \frac{d\phi}{dt}$ ভোল্ট।

সুতরাং, লেঞ্জের সূত্র অনুযায়ী ফ্যারাডের সূত্র লিখতে পারি, $e = -n \frac{d\phi}{dt}$ ভোল্ট।

১১.২ লেঞ্জের সূত্র বিরুক্তিকরণ

লেঞ্জের সূত্র: সকল ক্ষেত্রে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনে উৎপাদিত ই.এম.এফ-এর বিদ্যুৎ প্রবাহের দিক এমন হয় যে, যাকে নিয়ে এটির উৎপত্তি তাকেই বাধা দিয়ে বসে। যেখানে পরিবাহী স্থির এবং চৌম্বকক্ষেত্র গতিতে থাকে, সেখানে লেঞ্জের সূত্র ব্যবহার করা হয়।

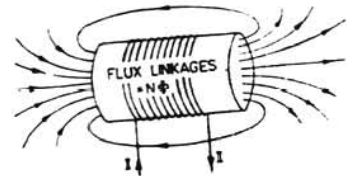


চিত্র: ১১.১ (ক) চুম্বকের উত্তর মেরু কুণ্ডলীর দিকে আনলে নিকটতম প্রান্তে সমমেরু অর্থাৎ উত্তর মেরু হয়েছে; (খ) চুম্বকের উত্তর মেরু সরিয়ে নেয়ার কারণে কুণ্ডলীর নিকটতম প্রান্তে বিপরীত মেরু অর্থাৎ দক্ষিণ মেরু হয়েছে।

লেঞ্জের সূত্র বিদ্যুৎ প্রবাহের সাথে সম্পর্কযুক্ত। কাজেই এ সূত্র কেবল সংযুক্ত ক্রোজড সার্কিটের বেলায়ই প্রযোজ্য। সার্কিট সংহত না হয়ে অসংহত হলে এতে কী ঘটতো তা কল্পনা করে লেঞ্জের সূত্রের মাধ্যমে বিদ্যুৎ চালক বলের অভিমুখে নির্ণয় করা সম্ভব।

১১.৩ সেলফ ইন্ডাকশন

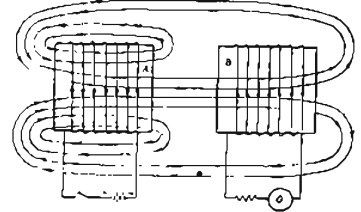
আমরা জানি, যখন কোনো কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তখন ঐ কুণ্ডলীর চতুর্দিকে একটি ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয়। এ ফিল্ডের ফ্লাক্সগুলো আবার উক্ত কুণ্ডলীর তারের সাথে জড়িয়ে যায়। ফলে কুণ্ডলীতে প্রবাহিত কারেন্টের জন্য উৎপাদিত ম্যাগনেটিক ফ্লাক্সও হ্রাস-বৃদ্ধি হয় এবং কুণ্ডলীকে কর্তন করে। যার জন্য কুণ্ডলীতে একটি অস্থায়ী বিদ্যুৎচালক বল সৃষ্টি হয়, যা কারেন্ট প্রবাহের পরিবর্তনকে বাধা দান করে। এ বিদ্যুৎচালক বলকে সেলফ ইন্ডাকশন বা ই.এম.এফ বলে। আর এ ঘটনাকে সেলফ ইন্ডাকশন বা স্বকীয় স্বাবেশ ধর্ম বলে।



যে ধর্ম বা গুণের জন্য কুণ্ডলীতে কারেন্ট প্রবাহের ফলে কুণ্ডলীর চারদিকে ফ্লাক্সের হ্রাস বা বৃদ্ধিতে বাধা দান করে তাকে সেলফ ইন্ডাকট্যান্স বলে।

১১.৪ মিউচুয়াল ইন্ডাকশন

দুটি পাশাপাশি কুণ্ডলীর মধ্যে যদি একটি কুণ্ডলীর কারেন্টের পরিবর্তনের ফলে অপর কুণ্ডলীতে ভোল্টেজ আবিষ্ট হয় তবে এ প্রক্রিয়াকে মিউচুয়াল ইন্ডাকশন বলে।



যে ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যের কারণে পাশাপাশি দুটি কুণ্ডলীর একটিতে কারেন্ট প্রবাহের পরিবর্তনের ফলে অন্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ চালক বল উৎপন্ন হয়। উক্ত ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যকে মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স বলে। এটিকে K দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

মনে করি পাশাপাশি অবস্থিত দুটি কুণ্ডলীর A ও B এর প্যাচের সংখ্যা যথাক্রমে N_1 ও N_2 । A কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে I_1 কারেন্ট প্রবাহের ফলে সৃষ্ট ফ্লাক্স ϕ_1 হবে। এ ফ্লাক্স সম্পূর্ণ অথবা আংশিক B কুণ্ডলীতে সংশ্লিষ্ট হয়ে ফ্লাক্স ϕ_2 হবে। তাহলে মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স $K = \frac{\phi_2}{I_1}$ হয়। এটির কোনো একক নেই।

১১.৫ সেলফ ইন্ডাকশন ও মিউচুয়াল ইন্ডাকশনের পার্থক্য

সেলফ ইন্ডাকট্যান্স ও মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মধ্যে পার্থক্য নিম্নে দেয়া হলো -

ক্রমিক নং	পার্থক্যের বিষয়	সেলফ ইন্ডাকট্যান্স	মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স
১।	সংজ্ঞা	যে ধর্ম বা গুণের জন্য কুণ্ডলীতে কারেন্ট প্রবাহিত হয় বা কুণ্ডলীর চারদিকে ফ্লাক্সের হ্রাস বা বৃদ্ধিতে বাধা দান করে, তাকে সেলফ ইন্ডাকট্যান্স বলে।	যে ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যের কারণে পাশাপাশি দুটি কুণ্ডলীর একটিতে কারেন্ট প্রবাহের পরিবর্তনের ফলে অন্য কুণ্ডলীতে তড়িৎ চালক বল উৎপন্ন হয়, উক্ত ধর্ম বা বৈশিষ্ট্যকে মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স বলে।
২।	প্রতীক	এটিকে L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।	এটিকে K দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।
৩।	সূত্র	$L = \frac{N\phi}{I}$	$K = \frac{\phi_2}{I_1}$
৪।	একক	এটির একক হেনরী।	এটির কোনো একক নেই।

অনুশীলনী-১১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। 'যখন একটি সার্কিটের সাথে সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখা পরিবর্তিত হয়, তখন হতে একটি ই.এম.এফ আবিষ্ট হয়।' - এটি কিসের সূত্র?
- ২। 'আবিষ্ট ই.এম.এফ-এর পরিমাণ সংশ্লিষ্ট চুম্বক বলরেখা পরিবর্তনের হারের সাথে সমানুপাতিক।' - এটি কিসের সূত্র?
- ৩। ফ্যারাডের সূত্রানুসারে আবিষ্ট ই.এম.এফ-এর সমীকরণ কী?
- ৪। যদি একটি কন্ডাক্টর চুম্বকের বলরেখার অভিমুখের সাথে θ কোণে ঘুরতে থাকে তবে আবিষ্ট ই.এম.এফ-এর সমীকরণ লেখ।
- ৫। পরিবর্তিত কারেন্টের কারণে একটি কয়েলে আবিষ্ট ই.এম.এফ কিসের সমানুপাতিক হয়?
- ৬। সেলফ ইনডাক্ট্যান্স ই.এম.এফ-এর সমীকরণ লেখ।

- ৭। সেলফ ইনডিউসড ই.এম.এফ-এর গড় মান কত?
- ৮। ফ্যারাডের বৈদ্যুতিক চুম্বকীয় আবেশ সূত্রের সমীকরণ লেখ।
- ৯। ফ্যারাডের সূত্র অনুযায়ী যখন কোনো পরিবাহী চুম্বক ক্ষেত্রের ভিতর আলোড়িত হয় তখন ঐ পরিবাহীতে ই.এম.এফ আবেশিত হয়। এ আবেশিত ই.এম.এফ-এর পরিমাণ বৃদ্ধি কিসের সমানুপাতিক?
- ১০। বৈদ্যুতিক চুম্বকীয় আবেশে আবিষ্ট ই.এম.এফ-এর কারেন্টের অভিমুখে এরূপ হয় যে, যার কারণে এর সৃষ্টি তারই বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয় একে কী সূত্র বলে?
- ১১। যেখানে পরিবাহী স্থির এবং চৌম্বকক্ষেত্র গতিতে থাকে, সেখানে ব্যবহৃত সূত্রের নাম কী?
- ১২। ‘আবিষ্ট ই.এম.এফ-এর দিক সর্বদাই এমন হয় যে, এটি গতির বিপরীতে একটি কারেন্ট স্থাপন করে। অথবা ঐ ই.এম.এফ আবিষ্ট হওয়ার জন্য ফ্লাক্সের পরিবর্তনই দায়ী।’ - এটি কী সূত্র নামে পরিচিত?
- ১৩। সংরক্ষণের সাথে লেঞ্জের সূত্রের সম্পর্ক কী?
- ১৪। কোনো চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে যদি কোনো পরিবাহীকে ঘুরানো যায় তবে পরিবাহী ঐ চুম্বকক্ষেত্রের কোনো সূত্রানুসারে ঠিক করা হয়?
- ১৫। সেলফ ইন্ডাকট্যান্সের সমীকরণ কী?
- ১৬। ‘মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্স এবং একই উপাদানের দুটি সার্কিটের সেলফ ইন্ডাকট্যান্সের গুণফলের বর্গমূলের অনুপাতকে বোঝায়।’ - একে কী বলে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বিদ্যুৎ চুম্বকীয় আবেশে ফ্যারাডের সূত্র কী?
- ২। লেঞ্জের সূত্রটি লেখ।
- ৩। লেঞ্জের সূত্রের প্রয়োগ কোথায়?
- ৪। গতিশীল আবেশ ই.এম.এফ বলতে কী বোঝায়?
- ৫। লেঞ্জের সূত্রের ইফেক্ট কী?
- ৬। স্বাবেশ গুণাংক বলতে কী বোঝায়?
- ৭। মিউচুয়াল ইন্ডাকশন কী?
- ৮। পারস্পরিক আবেশ কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
- ৯। পারস্পরিক আবেশ কী?
- ১০। ফ্যারাডের সূত্র লেখ।
- ১১। আবেশিত ভৌতিকচালক বল ও আবেশিত কারেন্ট কী?
- ১২। বিদ্যুৎচালক বল বৃদ্ধির কারণসমূহ উল্লেখ কর।

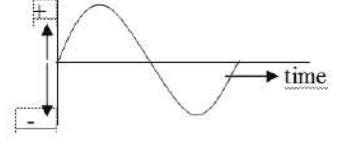
রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। সেলফ ইন্ডাকট্যান্স ও মিউচুয়াল ইন্ডাকট্যান্সের মধ্যে পার্থক্য কী?
- ২। ফ্যারাডের সূত্রের ব্যাখ্যা দাও।
- ৩। সেলফ ইন্ডাকশন বলতে কী বোঝায়?
- ৪। মিউচুয়াল ইন্ডাকশন বলতে কী বোঝায়?
- ৫। ফ্যারাডের সূত্র হতে প্রমাণ কর যে, $e = n \frac{d\phi}{dt}$ ভোল্ট। এখানে e , n , ϕ এবং t প্রচলিত অর্থ বহন করে

দ্বাদশ অধ্যায় অল্টারনেটিং কারেন্ট

১২.১ অল্টারনেটিং কারেন্ট

যে কারেন্টের মান ও দিক সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে পরিবর্তন হয়ে সার্কিটে প্রবাহিত হয়, তাকে এসি বা অল্টারনেটিং কারেন্ট বলে।

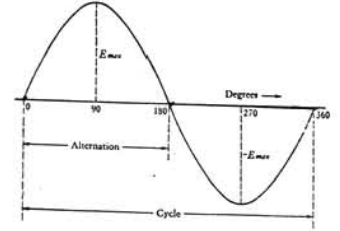


পাশে অল্টারনেটিং কারেন্টের গুণের [চিত্র: ১২.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো। জেনারেটর থেকে অল্টারনেটিং কারেন্ট পাওয়া যায়।

১২.২ অল্টারনেটিং কারেন্টের বৈশিষ্ট্য

অল্টারনেটিং কারেন্টের বৈশিষ্ট্যসমূহ নিম্নে দেয়া হলো -

- (১) এর কোনো পজিটিভ ও নেগেটিভ তার নেই;
- (২) এটির সাইকেল আছে;
- (৩) এর ফেজ পার্থক্য আছে;
- (৪) অল্টারনেটিং কারেন্ট সাইন তরঙ্গ উৎপন্ন করে থাকে;
- (৫) এর মান ও ঠিক সময়ের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়।



১২.৩ সাইকেল, ফ্রিকুয়েন্সি, টাইম পিরিয়ড, অল্টারনেশন

সাইকেল: একটি পরিবাহী একটি উত্তর মেরু ও একটি দক্ষিণ মেরুর মাঝখানে বৃত্তাকারে একটি পথ একবার অতিক্রম করে তবে একটি ভোল্টেজ তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এ তরঙ্গটিকে সাইকেল বা সাইন তরঙ্গ বলে।

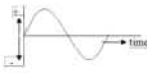
ফ্রিকুয়েন্সি: এক সেকেন্ড সময়ে যতগুলো সাইকেল সম্পন্ন হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি বলে। একে f দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এটির একক হার্টজ বা সাইকেল/সেকেন্ড। $f = \frac{1}{T}$ হার্টজ।

টাইম পিরিয়ড: এক সাইকেল সম্পন্ন হতে যে সময়ের প্রয়োজন হয় তাকে পিরিয়ড অথবা টাইম পিরিয়ড বলে। একে T দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এটির একক সেকেন্ড। $T = \frac{1}{f}$ সেকেন্ড।

অল্টারনেশন: ভোল্টেজ তরঙ্গটির অর্ধেক অংশকে অল্টারনেশন বলে।

১২.৪ এসি ও ডিসি'র মধ্যে তুলনা

অল্টারনেটিং কারেন্ট (A.C.) ও ডাইরেক্ট কারেন্টের (D.C.) মধ্যে পার্থক্য নিম্নে দেয়া হলো -

ক্রমিক নং	পার্থক্যের বিষয়	অল্টারনেটিং কারেন্ট	ডাইরেক্ট কারেন্ট
১।	সংজ্ঞা	যে কারেন্টের মান ও দিক সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়ে সার্কিটে প্রবাহিত করানো যায় তাকে অল্টারনেটিং কারেন্ট বলে।	যে কারেন্টের মান ও দিক সময়ের পরিবর্তনের সাথে সাথে অপরিবর্তিত রেখে সার্কিটে প্রবাহিত করানো যায় তাকে ডাইরেক্ট কারেন্ট বলে।
২।	সাইকেল	এসিতে সাইকেল বিদ্যমান।	ডিসিতে সাইকেল থাকে না।
৩।	প্রতীক		
৪।	ব্যবহার	এতে ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা যায়।	এতে ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা যায় না।
৫।	ফেজ পার্থক্য	এসিতে ফেজ পার্থক্য থাকে।	ডিসিতে ফেজ পার্থক্য থাকে না।

অনুশীলনী-১২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। 'যদি একটি পরিবাহী একটি উত্তরে মেরু এবং একটি দক্ষিণ মেরুর মাঝখানে বৃত্তাকার এক পথ একবার পরিভ্রমণ করে, তবে একটি ভোল্টেজ ওয়েভের সৃষ্টি হয়।' - এ ওয়েভটিকে কী বলে?
- ২। প্রতি সেকেন্ডে যতগুলো সাইকেল সম্পন্ন করে তাকে কী বলে?
- ৩। এক মেগাহার্টজ ফ্রিকুয়েন্সির জন্য টাইম পিরিয়ড কত?
- ৪। ৪০০ হার্টজ ফ্রিকুয়েন্সির জন্য টাইম পিরিয়ড কত?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

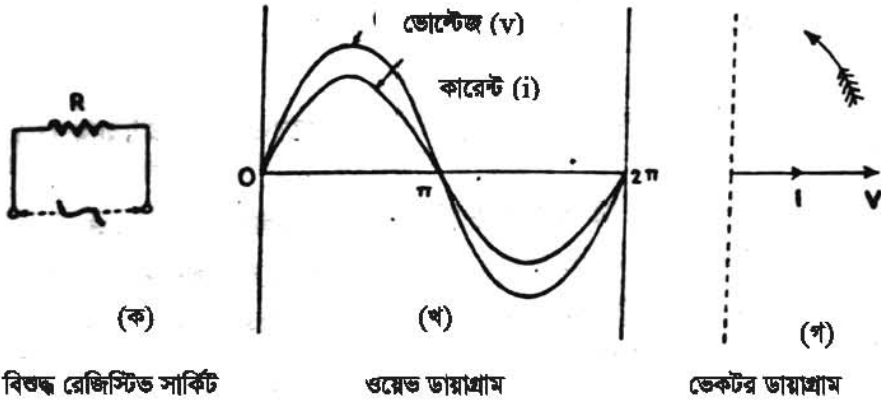
- ১। অল্টারনেটিং কারেন্টের বৈশিষ্ট্য লেখ।
- ২। সংজ্ঞা লেখ: সাইকেল, ফ্রিকুয়েন্সি, টাইম পিরিয়ড, অল্টারনেশন।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

এসি সার্কিটে বিভিন্ন প্রকৃতির লোড

১৩.১ রেজিস্টিভ সার্কিট

যে সার্কিট শুধুমাত্র রেজিস্ট্যান্স নিয়ে গঠিত হয় তাকে রেজিস্টিভ সার্কিট বলে। নিচে রেজিস্টিভ সার্কিট, ওয়েভ চিত্র এবং ভেক্টর ডায়াগ্রাম [চিত্র: ১৩.১] অঙ্কন করা হলো।



চিত্র: ১৩.১

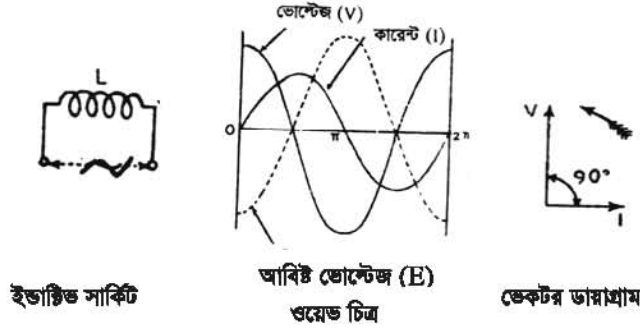
সার্কিটে এসি ভোল্টেজ V প্রয়োগ করলে এটির মধ্য দিয়ে ও কারেন্ট প্রবাহিত হবে। ফলে সার্কিটে রেজিস্ট্যান্স থাকায় ভোল্টেজ ঘাটতি হবে। এ ভোল্টেজ ঘাটতি প্রবাহিত কারেন্ট ও রেজিস্ট্যান্সের গুণফলের সমান অর্থাৎ, $V_R = I_R R$ । রেজিস্টিভ সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে কারেন্টের অভিমুখ একই দিকে হয়। ফলে ভোল্টেজ ওয়েভ ও কারেন্ট ওয়েভের মধ্যবর্তী ফেজ কোণ শূন্য হয়। উক্ত কোণের কোসাইনের মানকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। অর্থাৎ, $\cos\theta = \cos 0^\circ = 1$ হয়।

সুতরাং, রেজিস্টিভ বর্তনীর মোট পাওয়ার $P = VI \cos\theta = VI \times 1 = VI$ ওয়াট।

১৩.২ ইন্ডাকটিভ সার্কিট

যে সার্কিটে শুধু ইন্ডাকটিভ কয়েল থাকে তাকে ইন্ডাকটিভ সার্কিট বলে। বাস্তবে খাঁটি ইন্ডাকটিভ সার্কিট তৈরি করা সম্ভব নয়।

এ বর্তনীতে যে মুহূর্তে ভোল্টেজের পরিমাণ সর্বোচ্চ হয়, সে মুহূর্তে বর্তনীর কারেন্ট শূন্য হবে। আর যখন বর্তনীতে ভোল্টেজ শূন্য থাকে তখন বর্তনীর কারেন্ট সর্বোচ্চ হয়। এ বর্তনীতে কারেন্টের অভিমুখ ভোল্টেজের অভিমুখ হতে 90° পিছনে থাকে। যদি বর্তনীর ইন্ডাকট্যান্স L হেনরী ও সরবরাহ ফ্রিকুয়েন্সি f হার্টজ হয় তবে সার্কিটের ইন্ডাকটিভ রিয়াক্ট্যান্স $X_L = 2\pi fL$ ওহম হবে। নিচে ইন্ডাকটিভ সার্কিট, ওয়েভ চিত্র ও ভেক্টর ডায়াগ্রাম [চিত্র: ১৩.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



চিত্র: ১৩.২

সার্কিটে এসি ভোল্টেজ V প্রয়োগ করলে এর মধ্য দিয়ে ও কারেন্ট প্রবাহিত হবে। ফলে সার্কিটে ইন্ডাকট্যান্সের দরুণ ভোল্টেজ ঘাটতি হবে। এ ভোল্টেজ ঘাটতির পরিমাণ $V_L = IX_L$ । সার্কিটের ইম্পিড্যান্স $Z = X_L$ এবং $I = \frac{V}{X_L}$ হবে। উক্ত সার্কিটে কারেন্ট ও ভোল্টেজের মধ্যে কৌণিক ব্যবধান 90° হবে। তাহলে পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = \cos 90^\circ = 0$ হয়।

সুতরাং, ইন্ডাক্টিভ সার্কিটে মোট বৈদ্যুতিক পাওয়ার $P = VI\cos\theta = VI \times 0 = 0$

অর্থাৎ, ইন্ডাক্টিভ সার্কিটে কোনো পাওয়ার অপচয় হয় না।

১৩.৩ ইন্ডাকট্যান্স ও ইন্ডাক্টিভ রিঅ্যাকট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক

ইন্ডাকট্যান্স সার্কিটের এমন একটি ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য যা এসি কারেন্টের যে কোনো পরিবর্তনকে বাধা দেয়। একে L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আর সার্কিটে ইন্ডাকট্যান্সজনিত বাধাকে ইন্ডাক্টিভ রিঅ্যাকট্যান্স বলে। একে X_L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। ইন্ডাকট্যান্স ও ইন্ডাক্টিভ রিঅ্যাকট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক হলো,

$$2\pi fL = X_L$$

$$\text{বা, } L = \frac{X_L}{2\pi f}$$

এখানে

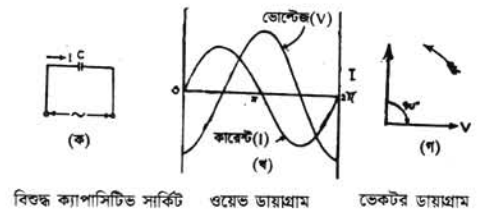
X_L = ইন্ডাক্টিভ রিঅ্যাকট্যান্স, ওহমে

L = ইন্ডাকট্যান্স, হেনরীতে

f = এসি ভোল্টেজের সরবরাহ ফ্রিকুয়েন্সি, হার্টজে

১৩.৪ ক্যাপাসিটিভ সার্কিট

যে সার্কিটে শুধু ক্যাপাসিটর থাকে তাকে ক্যাপাসিটিভ সার্কিট বলে। যদি বর্তমান ক্যাপাসিটর C ফ্যারাড ও সরবরাহ ফ্রিকুয়েন্সি f হার্টজে হয় তবে সার্কিটের ক্যাপাসিটিভ রিঅ্যাকট্যান্স $X_C = \frac{1}{2\pi fC}$ ওহম হবে। পাশে ক্যাপাসিটিভ



সার্কিট, ওয়েভ চিত্র ও ভেক্টর ডায়াগ্রাম [চিত্র: ১৩.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

যদি সার্কিটে এসি ভোল্টেজ V প্রয়োগ করা হয়, তবে এর মধ্য দিয়ে ও কারেন্ট প্রবাহিত হবে। ফলে সার্কিটে ক্যাপাসিটর থাকার দরুণ ভোল্টেজ ঘাটতি হবে। এ ভোল্টেজ ঘাটতি সার্কিটে প্রবাহিত কারেন্ট ও ক্যাপাসিটিভ রিঅ্যাকট্যান্সের গুণফলের সমান। অর্থাৎ, $V_C = IX_C$ । সার্কিটের ইম্পিড্যান্স $Z = X_C$ এবং প্রবাহিত কারেন্ট

$I = \frac{V}{X}$ । ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে ওয়েভ চিত্র হতে দেখা যায় কারেন্ট ওয়েভ ভোল্টেজ থেকে 90° এগিয়ে থাকে।

সুতরাং, ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর $\cos\theta = \cos 90^\circ = 0$ হবে।

তাই ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে মোট বৈদ্যুতিক পাওয়ার $P = VI \cos 90^\circ = VI \times 0 = 0$ হয়।

অর্থাৎ, ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে মোট বৈদ্যুতিক পাওয়ার অপচয়।

১৩.৫ ক্যাপাসিট্যান্স ও ক্যাপাসিটিভ রিঅ্যাকট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক

ক্যাপাসিট্যান্স সার্কিটের এমন একটি ধর্ম বা বৈশিষ্ট্য যা এসি কারেন্টের যে কোনো পরিবর্তনকে বাধা দেয়। একে C দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আর সার্কিটে ক্যাপাসিট্যান্সজনিত বাধাকে ক্যাপাসিটিভ রিঅ্যাকট্যান্স বলে। একে X_C দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

ক্যাপাসিট্যান্স ও ক্যাপাসিটিভ রিঅ্যাকট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক হলো,

$$C = \frac{1}{2\pi f \times X_C}$$

এখানে,

C = ক্যাপাসিট্যান্স, ফ্যারাডে

f = এসি ভোল্টেজের সরবরাহ ফ্রিকুয়েন্সি, হার্টজে

X_C = ক্যাপাসিটিভ রিঅ্যাকট্যান্স, ওহমে

১৩.৬ পাওয়ার ফ্যাক্টর

পরিবর্তনশীল কারেন্ট প্রবাহে ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যবর্তী কোণের কোসাইন মানকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। অর্থাৎ, কোনো এসি সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স ও ইন্ডাক্ট্যান্সের অনুপাতকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। পাওয়ার ফ্যাক্টরকে $\cos\theta$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এর কোনো একক নেই।

১৩.৭ পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব

বৈদ্যুতিক সিস্টেমে পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব অপরিসীম। পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের প্রকৃতির উপর নির্ভর করে। অর্থাৎ, $P = VI \cos\theta$ । সূত্র হতে দেখা যায়, সার্কিটের পাওয়ার, পাওয়ার ফ্যাক্টর মানের সাথে সমানুপাতিক। ফলে, পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান কমলে সমপরিমাণ পাওয়ার স্থানান্তরের ক্ষেত্রে কারেন্টের মান বৃদ্ধি করতে হয়। এতে করে সিস্টেমে ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি যথা - ট্রান্সফরমার, সুইচ গিয়ার, ওভারহেড লাইন ও লাইনের সাপোর্ট ইত্যাদির সাইজ বৃদ্ধি করতে হয় এবং উৎপাদন খরচ বৃদ্ধি পায়। ফলে প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের খরচ বৃদ্ধি করতে হবে। এতে করে গ্রাহক ক্ষতিগ্রস্ত হবে। যদি ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর হতে লীডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে উন্নতি করা হয়, তবে কিলোওয়াট ক্যাপাসিটি নির্ধারিত থাকে। ফলে প্রতি ইউনিট বিদ্যুৎ খরচ কম পরবে। এতে করে গ্রাহকের কোনো অসুবিধা হয় না। ফলে বিদ্যুৎ সংস্থার জন্য বাড়তি খরচ নির্ধারণ করতে হয় না। তাই গ্রাহক ও বিদ্যুৎ সংস্থা উভয়ের জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব অপরিসীম।

অনুশীলনী-১৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কখন ইন্ডাকট্যান্স অন্টারনেটিং তড়িৎ প্রবাহকে প্রভাবিত করে?
- ২। কখন ইন্ডাকট্যান্স সমপ্রবাহী তড়িৎ প্রবাহকে প্রভাবিত করে?
- ৩। একটি খাঁটি রেজিস্টিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের সঙ্গে কী অবস্থায় থাকে?
- ৪। একটি খাঁটি ইন্ডাক্টিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের সঙ্গে কী অবস্থায় থাকে?
- ৫। একটি খাঁটি ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে কারেন্ট ভোল্টেজের সঙ্গে কী অবস্থায় থাকে?

- ৬। এসি সার্কিটে লোডের সুইচ অফ করার সময় অগ্নিস্ফুলিঙ্গ দেখা দেয়ার কারণ কী?
- ৭। একটি ইন্ডাকটিভ সার্কিটে সাপ্লাই ফ্রিকুয়েন্সি বৃদ্ধি পেলে সার্কিট কর্তৃক গ্রহীত কারেন্ট কী হবে?
- ৮। পাওয়ার ফ্যাক্টর কী?
- ৯। ইন্ডাকট্যান্স কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। রেজিস্ট্যান্স কী? এটির একক ও প্রতীক লেখ।
- ২। ইন্ডাকট্যান্স কী? এটির একক ও প্রতীক লেখ।
- ৩। ক্যাপাসিট্যান্স কী? এটির একক ও প্রতীক লেখ।
- ৪। রেজিস্টিভ সার্কিট কী?
- ৫। ইন্ডাকটিভ সার্কিট কী?
- ৬। ক্যাপাসিটিভ সার্কিট কী?
- ৭। ক্যাপাসিট্যান্স ও ক্যাপাসিটিভ রিয়াকট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক লেখ।
- ৮। ইন্ডাকট্যান্স ও ইন্ডাকটিভ রিয়াকট্যান্সের মধ্যে সম্পর্ক লেখ।
- ৯। পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। রেজিস্টিভ সার্কিট বলতে কী বোঝায়?
- ২। ইন্ডাকটিভ সার্কিট বলতে কী বোঝায়?
- ৩। ক্যাপাসিটিভ সার্কিট বলতে কী বোঝায়?
- ৪। বিশুদ্ধ রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স এবং ক্যাপাসিট্যান্স সার্কিটের সার্কিট ডায়াগ্রাম, ওয়েভ ডায়াগ্রাম ও ভোল্টেজ ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।
- ৫। বিশুদ্ধ রেজিস্টিভ, ইন্ডাকটিভ এবং ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে কারেন্ট এবং ভোল্টেজ সম্পর্ক দেখাও।

চতুর্দশ অধ্যায় কার্শফের সূত্র

১৪.১ কার্শফের সূত্র

ওহমের সূত্রের সাহায্যে সহজ সরল বর্তনীর কারেন্ট ও রোধ নির্ণয় করা সহজ হয়; কিন্তু, জটিল বর্তনীর ক্ষেত্রে ওহমের সূত্রের সাহায্যে সমাধান করা খুব দুরূহ ব্যাপার। তাই জটিল বর্তনীর কারেন্ট ও শাখা ভোল্টেজ ড্রপ নির্ণয়ের জন্য কার্শফের সূত্র প্রয়োগ করতে হয়। জটিল নেটওয়ার্কের জন্য জার্মান পদার্থবিদ গুস্তাভ রবার্ট কার্শফ দুটি সূত্র আবিষ্কার করেন। তাঁর নাম অনুসারে সূত্র দুটিকে কার্শফের সূত্র বলে।

১৪.২ কার্শফের সূত্রের শ্রেণিবিভাগ

কার্শফের সূত্র দুটি। যথা –

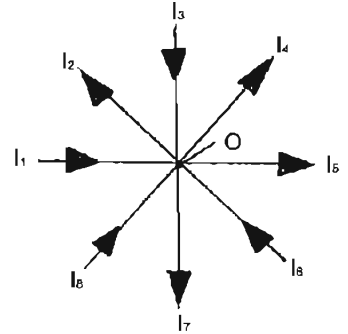
- (ক) কারেন্ট সূত্র বা পয়েন্ট সূত্র এবং
- (খ) ভোল্টেজ সূত্র বা মেশ সূত্র।

১৪.৩ কার্শফের সূত্রগুলো বিবৃতিকরণ

- (ক) কারেন্ট সূত্র বা পয়েন্ট সূত্র: কোনো ইলেকট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের নোড বা জাংশনে আগত কারেন্ট ও নির্গত কারেন্টের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হবে।
- (খ) ভোল্টেজ সূত্র বা মেশ সূত্র: কোনো একটি লুপের ভোল্টেজ উৎস এবং প্রত্যেক রেজিস্ট্যান্সের ভোল্টেজ ড্রপের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হবে। অর্থাৎ, $e.m.f + \sum IR = 0$

১৪.৪ কার্শফের সূত্রগুলো বিবৃতিকরণসহ ব্যাখ্যা

কারেন্ট সূত্র বা পয়েন্ট সূত্র: কোনো ইলেকট্রিক্যাল নেটওয়ার্কের নোড বা জাংশনে আগত কারেন্ট ও নির্গত কারেন্টের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হবে। অর্থাৎ, $\sum I = 0$



কারেন্ট সূত্রের ব্যাখ্যা:

A বিন্দুতে KCL ব্যবহার করে পাই,

$$I_1 - I_2 + I_3 - I_4 - I_5 + I_6 - I_7 + I_8$$

$$\text{বা, } (I_1 + I_3 + I_6 + I_8) + (-I_2 - I_4 - I_5 - I_7)$$

$$\text{বা, } \sum I = 0 \dots\dots\dots (i)$$

ভোল্টেজ সূত্র বা মেশ সূত্র: কোনো একটি লুপের ভোল্টেজ উৎস এবং প্রত্যেক রেজিস্ট্যান্সের ভোল্টেজ ড্রপের বীজগাণিতিক যোগফল শূন্য হবে। অর্থাৎ, $e.m.f + \sum IR = 0$

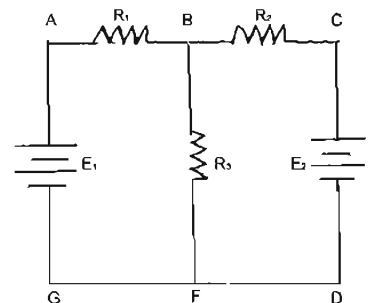
ভোল্টেজ সূত্রের ব্যাখ্যা:

ABFGA লুপে KVL ব্যবহার করে পাই,

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 - E_1 = 0$$

$$-E_1 + I_1 R_1 = -I_3 R_3$$

$$\text{বা, } E_1 - I_1 R_1 = I_3 R_3 \dots\dots\dots (i)$$



CBFDC নুপে KVL ব্যবহার করে,

$$I_2R_2 + I_3R_3 - E_2 = 0$$

$$\text{বা, } I_2R_2 + (E_1 - I_1R_1) - E_2 = 0 \quad [I_3R_3 = E_1 - I_1R_1]$$

$$\text{বা, } -I_1R_1 + I_2R_2 + E_1 - E_2 = 0$$

$$\text{বা, } (I_2R_2 - I_1R_1) + (E_1 - E_2) = 0$$

$$\text{বা, } \Sigma IR + \Sigma e.m.f = 0 \dots\dots\dots (ii)$$

অনুশীলনী-১৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কার্শফের সূত্র কী?
- ২। কার্শফের সূত্র কয়টি ও কী কী?
- ৩। ভোল্টেজ ড্রপের দিক ও কারেন্ট প্রবাহের দিকের মধ্যে সম্পর্ক কী?
- ৪। জটিল বর্তনীর কারেন্ট এবং শাখা ভোল্টেজ নির্ণয় করতে কোনো সূত্রের দ্বারা সহজ হয়?
- ৫। $\Sigma I = 0$ বলতে কী বোঝায়?
- ৬। $\Sigma IR + \Sigma emf = 0$ বলতে কী বোঝায়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কার্শফের কারেন্ট সূত্রটি লেখ।
- ২। কার্শফের ভোল্টেজ সূত্রটি লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। কার্শফের কারেন্ট সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।
- ২। কার্শফের ভোল্টেজ সূত্রটি ব্যাখ্যা কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

বৈদ্যুতিক পরিমাপ ও পরিমাপক যন্ত্রসমূহ

১৫.১ বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রপাতি

কোনো পরিমাপক রাশির মান পরিমাপ করার জন্য পরিমাপক যন্ত্র দরকার হয়। যথা: কারেন্ট পরিমাপের জন্য অ্যামিটার, ভোল্টেজ পরিমাপের জন্য ভোল্টমিটার, পাওয়ার পরিমাপের জন্য ওয়াটমিটার এবং এনার্জি পরিমাপের জন্য এনার্জিমিটার দরকার হয়। আর যে যন্ত্র ব্যবহার করে বৈদ্যুতিক রাশির মান পরিমাপ পরিমাপ করা হয় তাকে বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র বলে। বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র কারেন্টের ধর্মের উপর ভিত্তি করে তৈরি করা হয়। সাধারণত বিভিন্ন বৈদ্যুতিক পরিমাপক রাশি পরিমাপের জন্য বিভিন্ন বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র প্রয়োজন। সুতরাং, বৈদ্যুতিক যন্ত্র তৈরির জন্য যে সমস্ত যন্ত্রপাতি ব্যবহার করা হয় তাকে বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রপাতি বলে।

১৫.২ বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রের তালিকা

বিভিন্ন বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রের তালিকা নিম্নে দেয়া হলো –

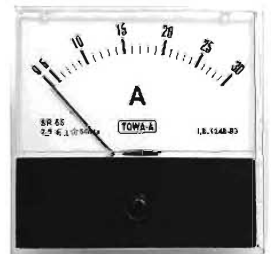
ক্রমিক নং	যন্ত্রের নাম	ক্রমিক নং	যন্ত্রের নাম
০১	অ্যামিটার	০৭	ল্যাক্সমিটার
০২	ভোল্টমিটার	০৮	ট্যাকোমিটার
০৩	ওয়াটমিটার	০৯	পাওয়ার ফ্যাক্টরমিটার
০৪	এনার্জিমিটার	১০	ফ্রিকুয়েন্সি মিটার
০৫	ওহমমিটার	১১	ক্লিপ অন মিটার
০৬	অ্যাভোমিটার		

১৫.৩ বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্রের ব্যবহার

একই যন্ত্র ব্যবহার করে সব ধরনের বৈদ্যুতিক রাশির মান পরিমাপ পরিমাপ করা যায় না। তাই বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক রাশির মান পরিমাপ পরিমাপ করার জন্য বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। তবে বিশেষ ক্ষেত্রে একই যন্ত্র দিয়ে একাধিক বৈদ্যুতিক রাশির মান পরিমাপ করা যায়। যথা – অ্যাভোমিটার দিয়ে সিলেক্টর নব ব্যবহার করে বিশেষ পদ্ধতিতে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়।

১৫.৪ অ্যামিটারের সংজ্ঞাসহ শ্রেণিবিভাগ

যে মেজারিং ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটের কারেন্ট সরাসরি অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা হয় তাকে অ্যামিটার বলে। অ্যামিটারের কয়েল মোটা তারের কমসংখ্যক পাঁচ দিয়ে তৈরি করা হয়। যেজন্য অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স খুব কম হয়। অ্যামিটার সার্কিটের সাথে সিরিজে সংযোগ করলে সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স তথা মূল কারেন্টের কোনো পরিবর্তন হয় না। ফলে ঐ মিটারে সঠিকমান নির্দেশ করে। অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স নিম্নমানের থাকায় সার্কিটের সাথে প্যারাললে সংযোগ করলে শর্ট সার্কিট হয়ে মিটারের কয়েল পুড়ে যাবে। তাই অ্যামিটারকে লাইনের সাথে প্যারাললে সংযোগ করা হয় না।



গঠন অনুযায়ী অ্যামিটার প্রধানত দুই প্রকার। যথা –

(১) মুভিং আয়রন টাইপ এসি/ডিসি অ্যামিটার:–

(ক) অ্যাট্রাকশন টাইপ;

(খ) রিপালশন টাইপ। [এসি ও ডিসি উভয়ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।]

(২) মুভিং কয়েল টাইপ এসি/ডিসি অ্যামিটার:–

(ক) পারমানেন্ট ম্যাগনেট টাইপ; [শুধু ডিসিতে ব্যবহৃত হয়।]

(খ) ডায়নামোমিটার টাইপ [এসি ও ডিসি উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।]

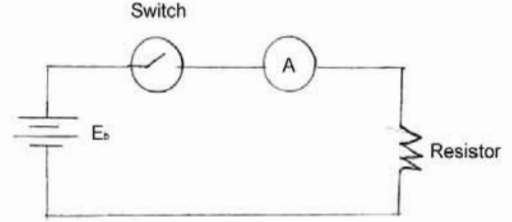
১৫.৫ সার্কিটে অ্যামিটার সংযোগ করে পাঠ গ্রহণ পদ্ধতি

অ্যামিটার বিভিন্ন রেঞ্জের হতে পারে। যথা: 0-5A, 0-10A, 0-20A, 0-50A, 0-100A, 0-500A ইত্যাদি রেঞ্জ অনুযায়ী মিটার স্কেলে দাগ কাটা থাকে।

লোডের কারেন্ট অনুযায়ী অ্যামিটার নির্বাচন করতে হয়।

লক্ষ্য রাখতে হবে যেন, অ্যামিটারের রেঞ্জ অবশ্যই

সার্কিটের মোট কারেন্টের বেশি হয়। অ্যামিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হয়। এসি অ্যামিটারের ক্ষেত্রে পজেটিভ ও নেগেটিভ টার্মিনাল বিবেচনা করার প্রয়োজন হয় না। কিন্তু ডিসি অ্যামিটারের ক্ষেত্রে পজেটিভ (+ve) ও নেগেটিভ (-ve) টার্মিনাল দেখে সংযোগ করতে হয়। এক্ষেত্রে সরবরাহের পজেটিভ (+ve) প্রান্তের সাথে অ্যামিটারের পজেটিভ (+ve) প্রান্ত সংযোগ করতে হয় এবং সরবরাহের নেগেটিভ (-ve) প্রান্তের সাথে অ্যামিটারের নেগেটিভ (-ve) প্রান্তের সংযোগ করতে হবে। পাশে একটি ডিসি কারেন্ট পরিমাপ [চিত্র: ১৫.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো। এসি অ্যামিটারটি লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করলে মিটারের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হবে যদি সার্কিটের সুইচ অন অবস্থায় থাকে তখন পয়েন্টারটি শূন্য অবস্থান হতে দূরে সরে গিয়ে স্কেলের উপর পয়েন্টার অবস্থান করে কারেন্টের মান নির্দেশ করবে। মিটার স্কেলটি সমান বড় ছয়ভাগে ভাগ করা আছে। প্রত্যেক ভাগের মান ৫ অ্যাম্পিয়ার। আবার প্রতি বড় এক ভাগকে আবার ৫ ভাগে ভাগ করা আছে। এক্ষেত্রে প্রতি ভাগের মান ১ অ্যাম্পিয়ার, মিটার স্কেলের পাঠ হতে দেখা যায় পয়েন্টারটি বড় তিনভাগ অতিক্রম করে অবস্থান করছে। কিন্তু বড় ভাগ অতিক্রম করার পর কোনো ছোট ভাগ অতিক্রম করেনি। সুতরাং, সার্কিটে অ্যামিটারের মোট পাঠ হবে $= 3 \times 5 + 0 = 15$ অ্যাম্পিয়ার।



১৫.৬ ভোল্টমিটারের সংজ্ঞাসহ প্রেশিবিভাগ

যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীর দুইপ্রান্তের বিভব পার্থক্য অর্থাৎ ভোল্টেজ সরাসরি ভোল্ট এককে পরিমাপ করা হয়, তাকে ভোল্টমিটার বলে। ভোল্টমিটার এমন একটি গ্যালভানোমিটার যার রেজিস্ট্যান্স খুব বেশি হয়। ভোল্টমিটারের কয়েল চিকন তারের বহুসংখ্যক প্যাঁচ দিয়ে তৈরি করা হয়। এ মিটার লোডের সাথে প্যারালালে সংযোগ করতে হয়। সেজন্য ভোল্টমিটার লাইন থেকে খুব কম কারেন্ট নেয় এবং সার্কিটের মূল কারেন্টের কোনো পরিবর্তন হয় না। ভোল্টমিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স খুব বেশি হওয়ায় একে লাইনের সাথে সিরিজে সংযোগ করলে ভোল্টমিটারে প্রচুর পরিমাণে ভোল্টেজ ঘাটতি হবে। লোডে প্রায় ভোল্টেজ পাওয়া যাবে না। তাই ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয় না। নিচে ডিসি ভোল্টমিটার ও এসি ভোল্টমিটার [চিত্র: ১৫.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



চিত্র: ১৫.৩

জেনেটিকিটার প্রধানত তিন প্রকার। যথা -

(ক) যুক্তি আদরণ জেনেটিকিটার:

- (১) অটো কন্ট্রোল টাইপ; [ভিসিতে ব্যবহৃত হয়।]
- (২) রিপালশন টাইপ। [এসি ও ভিসি উভয়ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।]

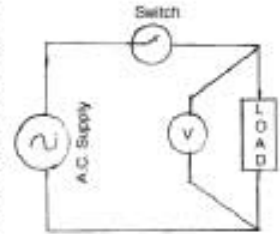
(খ) যুক্তি করেল জেনেটিকিটার:

- (১) পারমানেন্ট ম্যাগনেট টাইপ; [ডব্লু এসিতে ব্যবহৃত হয়।]
- (২) ডায়নামোমিটার টাইপ [এসি ও ভিসি উভয় ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।]

(গ) ইন্ডাকশন টাইপ জেনেটিকিটার [ডব্লু এসিতে ব্যবহৃত হয়।]

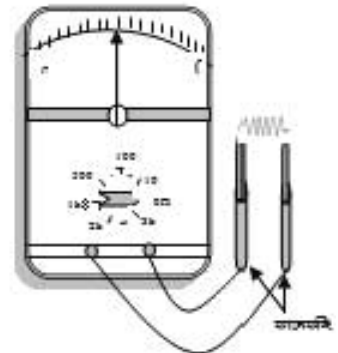
১৫.৭ জেনেটিকিটার সংযোগ করে পাঠ গ্রহণ পদ্ধতি

জেনেটিকিটার বিভিন্ন প্রকারের হতে পারে। যথা: ০-৫V, ০-১০V, ০-১৫V, ০-২০V, ০-৩০V, ০-৫০V, ০-১০০V, ০-৩০০V, ০-৭৫০V, ০-১০০০V ইত্যাদি প্রকারের যেকোনো মিটার ফেলে দাপ কটা থাকে। মোটের জেনেটিকিটার যেকোনো জেনেটিকিটারের রেঞ্জ নির্বাচন করতে হয়। এখানে লক্ষ্য রাখতে হবে যে, মোটে যে পরিমাণ জেনেটিকিটার হবে, তারচেয়ে বেশি মানের জেনেটিকিটার ব্যবহার করতে হবে। জেনেটিকিটারকে সার্কিটে মোটের সাথে প্যারালালে সংযোগ করতে হয়। এসি জেনেটিকিটারের ক্ষেত্রে পজিটিভ (+ve) ও নেগেটিভ (-ve) টার্মিনাল বিবেচনা করার প্রয়োজন হয় না। কিন্তু ভিসি জেনেটিকিটারের ক্ষেত্রে পজিটিভ (+ve) ও নেগেটিভ (-ve) টার্মিনাল সেধে সংযোগ করতে হয়। এক্ষেত্রে সরবরাহের পজিটিভ (+ve) প্রান্তের সাথে জেনেটিকিটারের পজিটিভ (+ve) প্রান্ত সংযোগ করতে হয় এবং সরবরাহের নেগেটিভ (-ve) প্রান্তের সাথে মিটারের নেগেটিভ (-ve) প্রান্তের সংযোগ করতে হয়। পাশে একটি এসি জেনেটিকিটার পরিমাণ [চিত্র: ১৫.৮] অঙ্কন করে দেখানো হলো। এখানে মিটারফেসটিকে সমান পাঁচটি বড় ভাগে ভাগ করা হয়েছে। আবার প্রত্যেক বড় ভাগকে সমান দুইভাগে ভাগ করে প্রত্যেক ভাগকে আবার সমান পাঁচভাগে ভাগ করা হয়েছে। এতে সম্পূর্ণ ফেসটিকে হেট ৫০টি ছোটখসড়া বিভক্ত হয়েছে। মিটারের প্রত্যেক ছোট ভাগের মান হবে (500 ÷ 50) বা 10V। এখন এসি জেনেটিকিটারকে মোটের সাথে প্যারালালে সংযোগ করে সার্কিটের সুইচ 'অন' করলে জেনেটিকিটারের কন্ট্রলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত করে পরেটারটি শূন্য অবস্থান হতে লক্ষ্য নিয়ে জেনেটিকিটার নির্ণয় করবে। চিত্রে মিটার ফেসটে পরেটারটি বড় দুই দাপ ও ছোট তিন দাপ অতিক্রম করেছে। এখানে বড় এক দাপ = ১০০ ভোল্ট এবং ছোট এক দাপ = ১০ ভোল্ট বোঝায়। সুতরাং সার্কিটের মোট পাঠ = $2 \times 100 + 3 \times 10 = 230$ ভোল্ট।



১৫.৮ জেনেটিকিটারের সংজ্ঞাল সংযোগচিত্র অঙ্কন

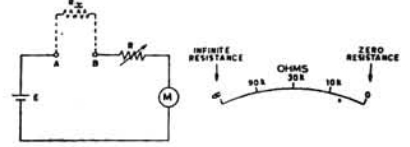
জেনেটিকিটার মূলত একটি পারমানেন্ট ম্যাগনেট টাইপ যুক্তি করেল ইন্সট্রুমেন্ট। এর অভ্যন্তরে একটি অর্ধ-স্রাবাকৃতের স্থায়ী চুম্বক থাকে। স্থায়ী চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে দুটি কয়েল থাকে। একটি ডিফ্রেকটিং কয়েল (P.C) ও অন্যটি কন্ট্রোল কয়েল (C.C)। কয়েল দুটি পরস্পর সর্বকোণে আটকানো থাকে। কয়েল দুটির সাথে একটি পরেটার থাকে এবং উভয় পাশে আটকানো থাকে। ডিফ্রেকটিং কয়েলের সাথে লিপিজে একটি রেজিস্ট্যান্স সংযুক্ত থাকে এবং ডিফ্রেকটিং কয়েলের রেজিস্ট্যান্সের সাথে পরিমাপকৃত রেজিস্ট্যান্স প্যারালালে সংযোগ করতে হয়। এটি কারেন্ট লিমিটিং রেজিস্ট্যান্স হিসেবে কাজ করে। পাওয়ার অব অবস্থার কোনো রেজিস্ট্যান্সের মান পরিমাপের প্রয়োজন হলে



ওহম মিটারের টার্মিনাল প্রোবদ্বয় সে রেজিস্ট্যান্সের দুই প্রান্তের আড়াআড়ি সংযোগ করলে মিটারের স্কেলের উপর পয়েন্টারের মাধ্যমে এর মান পাঠ দিবে। মিটারের মধ্যে যে স্কেল বা ব্যাটারি ব্যবহার করা হয় তা শুধু মিটারের ডিফ্লেকশনের জন্য। মিটারের মধ্য দিয়ে যে পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে তা অজানা রেজিস্ট্যান্সের উপর নির্ভরশীল। উপরে ওহমমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১৫.৫] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

১৫.৯ ওহমমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের পদ্ধতি

ওহমমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ [চিত্র: ১৫.৬] অঙ্কন করে পাশে দেখানো হলো। এতে যুড়িং কয়েল ইন্ডুস্ট্রেন্ট (M) ব্যাটারি ও পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স (R) এর সাথে সিরিজে সংযুক্ত থাকে।



কমন ও পজিটিভ টার্মিনাল শর্টসার্কিট অবস্থায় মিটারের মধ্য দিয়ে সর্বোচ্চ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ, $I = \frac{V}{R}$ কারেন্ট হয়। এ অবস্থায় স্কেলে পাঠ শূন্য দেখায়। এ হতে বোঝা যায়, $R_x = 0$ । আবার টার্মিনালদ্বয় ওপেন অবস্থায় মিটারের মধ্য দিয়ে কোনো কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। অর্থাৎ, স্কেলে পাঠ অসীম দেখায় ($R_x = \infty$) অজানা রেজিস্ট্যান্স R_x এর কোনো মানের জন্য কারেন্ট শূন্য এবং হিসাব মানে স্কেলে দেখায়। এভাবে ওহমমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়।

১৫.১০ অ্যাভোমিটারের সংজ্ঞাসহ ব্যবহার

যে মিটারের সাহায্যে সিলেক্টর নব পরিবর্তন করে বিভিন্ন বৈদ্যুতিক রাশির মান যথা কারেন্টের একক অ্যাম্পিয়ারে (A) ও ভোল্টেজের একক ভোল্টে (V) এবং রেজিস্ট্যান্সের একক ওহমে (O) পরিমাপ করা যায়, তাকে অ্যাভোমিটার বলে।

এতে একটি সিলেক্টর নব থাকে, যা নির্দিষ্ট স্থানে সেট করে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়। কারেন্ট, ভোল্টেজ এবং রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের জন্য এই মিটারের ডায়ালে একাধিক স্কেল থাকে। অ্যাভোমিটার নামকরণ হয়েছে তিনটি বৈদ্যুতিক রাশির নামের প্রথম অক্ষর নিয়ে। যথা: A = অ্যাম্পিয়ার; V = ভোল্ট এবং O = ওহম। সুতরাং, একটিমাত্র মিটার ব্যবহার করে একাধিক রাশির মান যথা কারেন্টের একক অ্যাম্পিয়ারে, ভোল্টেজের একক ভোল্টে এবং রেজিস্ট্যান্সের একক ওহমে পরিমাপ করা যায় বলে একে অ্যাভোমিটার বা মাল্টিমিটার বলা হয়।

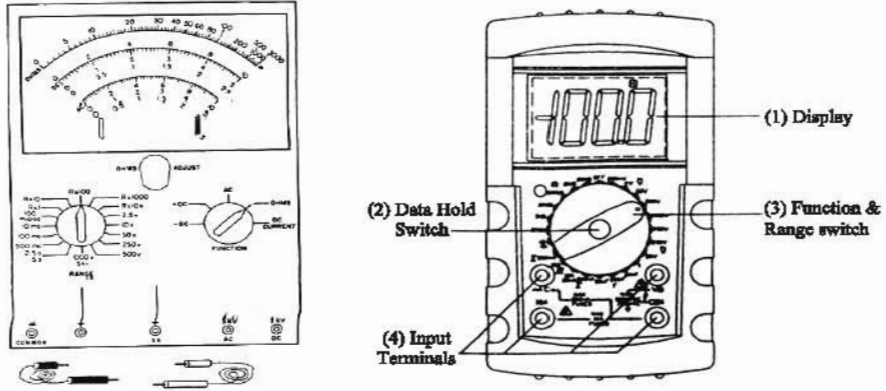
অ্যাভোমিটারের সাহায্যে বিভিন্ন বৈদ্যুতিক রাশির মাপ পরিমাপ করা যায়।

(ক) কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়;

(খ) ইন্ডাকট্যান্স, ক্যাপাসিট্যান্স, পাওয়ার গেইন পরিমাপ করা যায়;

(গ) তারের বা পরিবাহীর কন্টিনিউটি টেস্ট, আর্থ ফল্ট, শর্ট সার্কিট ফল্ট রেডিও, টিভি মেরামত ইত্যাদি টেস্ট করা যায়।

নিচে এনালগ ও ডিজিটাল অ্যামিটার [চিত্র: ১৫.৭] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



চিত্র: ১৫.৭ (ক) এনালগ অ্যামিটার; (খ) ডিজিটাল অ্যামিটার

১৫.১১ অ্যামিটারের মুদ্র ও রেঞ্জ সিলেকশন করে পাঠ গ্রহণ পদ্ধতি

অ্যামিটারের মুদ্র গ্রহণ করার পদ্ধতি: অ্যামিটারের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার ক্ষেত্রে প্রথমে মোড় সিলেকশন করতে হয়। কারেন্ট পরিমাপের ক্ষেত্রে সিলেক্টর নবকে A/C (~) কারেন্ট বা D/C (-) কারেন্টের ঘরে নিতে হয়; ভোল্টেজ পরিমাপের ক্ষেত্রে সিলেক্টর নবকে A/C (~) ভোল্টেজ বা D/C (-) ভোল্টেজের ঘরে নিতে হয়; এবং রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের এক্ষেত্রে সিলেক্টর নবকে ওহম রেঞ্জের ঘরে সিলেকশন বা নির্বাচন করতে হয়।

অ্যামিটারের রেঞ্জ সিলেকশন করার পদ্ধতি: রেঞ্জ সিলেকশনের ক্ষেত্রে সবসময় সর্বোচ্চ রেঞ্জ রাখতে হয়। এবার মিটার ব্যবহার করার সময় যথাযথ নিয়মে সংযোগ করে রেঞ্জ প্রয়োজনমতো কমিয়ে পাঠ গ্রহণ করতে হয়। আজকাল বাজারে বিভিন্ন ধরনের অ্যামিটার পাওয়া যায়। কানেকটিং লিড লাগানোর জন্য কোনোটিতে ২টি, কোনোটিতে ৩টি আবার কোনোটিতে ৪টি জ্যাক থাকে।

- (ক) দুই জ্যাকবিশিষ্ট অ্যামিটারে '+' চিহ্নিত লাল রঙের লিড এবং '-' চিহ্নিত কালো রঙের লিড সংযোগ করতে হয়। এখানে লাল লিডকে ফেজ এবং কালো লিডকে নিউট্রাল হিসেবে ডিসির ক্ষেত্রে চিহ্নিত করা হয়।
- (খ) তিন জ্যাকবিশিষ্ট অ্যামিটারের ক্ষেত্রে জ্যাকগুলো যথাক্রমে COM, V/Ω এবং mA দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এখানে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের ক্ষেত্রে কালো লিডকে COM জ্যাকে সংযোগ করতে হয় এবং ভোল্টেজ / রেজিস্ট্যান্স পরিমাপের ক্ষেত্রে লাল লিডকে V/Ω চিহ্নিত জ্যাকে সংযোগ করতে হয়। আর কারেন্ট পরিমাপের ক্ষেত্রে লাল লিডকে mA চিহ্নিত জ্যাকে সংযোগ করতে হয়।
- (গ) চার জ্যাকবিশিষ্ট অ্যামিটারের ক্ষেত্রে তিনটি জ্যাক পূর্বের মতো সংযোগ করতে হবে। শুধুমাত্র 200mA এর বেশি কারেন্ট পরিমাপের ক্ষেত্রে লাল লিডকে mA চিহ্নিত জ্যাকের পরিবর্তে 10A জ্যাকে সংযোগ করতে হবে।

১৫.১২ ওয়াটমিটারের সংজ্ঞাসহ প্রণিবিভাগ

যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে কোনো বৈদ্যুতিক বর্তনীর পাওয়ার সরাসরি ওয়াট এককে পরিমাপ করা হয়, তাকে ওয়াটমিটার বলে। ওয়াটমিটারে দুটি কয়েল থাকে। একটি কারেন্ট কয়েল এবং অপরটি প্রেসার কয়েল। কারেন্ট কয়েল লোডের সাথে সিরিজে



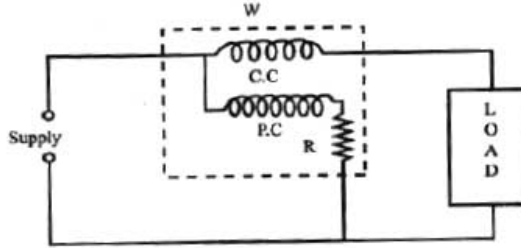
সংযোগ করা হয়। এতে মোটা তারের কমসংখ্যক প্যাঁচ থাকে। ফলে এর রেজিস্ট্যান্স কম মানের হয়। থ্রেসার কয়েল লাইনের সাথে প্যারালালে সংযোগ করা হয়। এতে সরু তারের বহুসংখ্যক প্যাঁচ থাকে। ফলে এর রেজিস্ট্যান্স উচ্চমানের হয়। পাশে ওয়াটমিটার [চিত্র: ১৫.৮] অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

ওয়াটমিটার চার প্রকার। যথা -

- (ক) ডায়নামোমিটার বা ইলেকট্রো ডায়নামো টাইপ ওয়াটমিটার;
- (খ) ইন্ডাকশন টাইপ ওয়াটমিটার;
- (গ) ইলেকট্রোস্ট্যাটিক টাইপ ওয়াটমিটার;
- (ঘ) থার্মাল টাইপ ওয়াটমিটার।

১৫.১৩ সার্কিটে ওয়াটমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন

সার্কিটে ওয়াটমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১৫.৯] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১৫.৯

১৫.১৪ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের সংজ্ঞাসহ ব্যবহার

পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার: এসি সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর অতি গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। এসি সার্কিটে ব্যবহৃত প্যারামিটারসমূহ যথা: রেজিস্ট্যান্স, ইন্ডাকট্যান্স, ক্যাপাসিট্যান্স, ইম্পিড্যান্স ইত্যাদির বৈশিষ্ট্য পরিবর্তনের সাথে পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিবর্তিত হয়। এসি সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যবর্তী কোজ অ্যাঙ্গেলের কোসাইন মানকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। এসি সার্কিটে লোডের সাথে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সংযোগ করে সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয় করা যায়। সুতরাং এসি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর তাৎক্ষণিকভাবে পরিমাপের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাকে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার বলে। কোনো কোনো সময় এসি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর তাৎক্ষণিকভাবে জ্ঞানার প্রয়োজন হয়। তাই পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করার জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার ব্যবহার করা হয়। পাশে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার [চিত্র: ১৫.১০] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটারের শ্রেণিবিভাগ:

কার্বনীতির উপর ভিত্তি করে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার দুই প্রকার। যথা -

- (ক) ইলেকট্রো-ডায়নামোমিটার টাইপ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার এবং
- (খ) মুভিং আয়রন টাইপ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার।

ইলেকট্রো-ডায়নামোমিটার আবার দুই প্রকার। যথা -

- (ক) সিঙ্গেল ফেজ ইলেকট্রো-ডায়নামোমিটার এবং
- (খ) থ্রি- ফেজ ইলেকট্রো-ডায়নামোমিটার।

মুভিং আয়রন টাইপ পাওয়ার ফ্যাক্টরিমিটার আবার দুই প্রকার। যথা -

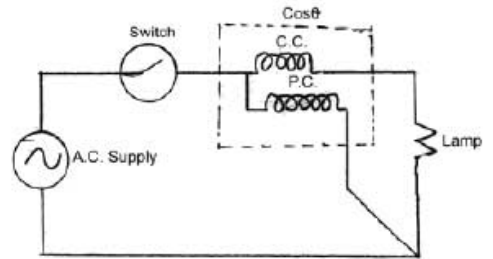
- (ক) রোটেরিং স্কিন্ড টাইপ এবং
- (খ) অস্টারনেটিং স্কিন্ড টাইপ।

পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটারের ব্যবহার:

এসি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টরি পরিমাপের জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটার ব্যবহার করা হয়।

সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন:

সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটার: যে যন্ত্রের সাহায্যে সিঙ্গেল ফেজ এসি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টরি নির্ণয় করা হয়, তাকে সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটার বলে। পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটারে দুইটি কয়েল থাকে। পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটারে একটি কারেন্ট কয়েল এবং একটি প্রেসার কয়েল থাকে। পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটারের কারেন্ট কয়েলকে লোডের সাথে সিরিজে এবং প্রেসার কয়েলকে লোডের সাথে প্যারালালে সংযোগ করা হয়। নিম্নে সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টরি মিটারের সংযোগ চিত্র: ১৫.১১ অঙ্কন করে দেখানো হলো।



১৫.১৫ ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের সংজ্ঞাসহ সংযোগ চিত্র অঙ্কন ও ব্যবহার

ফ্রিকুয়েন্সি মিটার: এসি সার্কিটে ব্যবহৃত প্যারামিটারসমূহের বৈশিষ্ট্য ফ্রিকুয়েন্সি পরিবর্তনের সাথে সাথে পরিবর্তিত হয়। আর ফ্রিকুয়েন্সি সার্কিটে ব্যবহৃত প্যারামিটারের উপর নির্ভর করে। কিন্তু এসি সার্কিটে প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের ফ্রিকুয়েন্সির মান তাত্ক্ষণিকভাবে জানার প্রয়োজন হয় বিশেষ করে যখন এর মান অনবরত পরিবর্তিত হয়। সুতরাং, এসি সার্কিটে ফ্রিকুয়েন্সি বা তরঙ্গ নির্ণয় করার জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মিটার বলে। পাশে ফ্রিকুয়েন্সি মিটার চিত্র: ১৫.১২ অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।



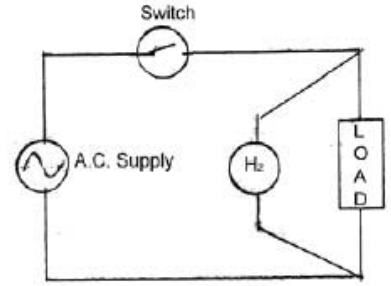
ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের প্রেধিবিভাগ:

ফ্রিকুয়েন্সিমিটার বিভিন্ন প্রকার হয়। যথা -

- (ক) মেকানিক্যাল রেজোন্যান্স টাইপ ফ্রিকুয়েন্সি মিটার;
- (খ) ইলেকট্রিক্যাল রেজোন্যান্স টাইপ ফ্রিকুয়েন্সি মিটার;
- (গ) ইলেকট্রো ডায়নামোমিটার টাইপ ফ্রিকুয়েন্সি মিটার;
- (ঘ) ওয়েস্টার্ন টাইপ ফ্রিকুয়েন্সি মিটার;
- (ঙ) রেশিও মিটার টাইপ ফ্রিকুয়েন্সি মিটার;
- (চ) সেচুয়েবল কোর টাইপ ফ্রিকুয়েন্সি মিটার।

ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের সংযোগ চিত্র:

যে যন্ত্রের সাহায্যে এসি সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি বা তরঙ্গ নির্ণয় করা হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মিটার বলে। ফ্রিকুয়েন্সি মিটার লোডের সাথে প্যারালাল সংযোগ করা হয়। পাশে ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের সংযোগ চিত্র: ১৫.১৩ অঙ্কন করে দেখানো হলো।



ব্যবহার: এসি সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি পরিমাপের জন্য ফ্রিকুয়েন্সি মিটার ব্যবহার করা হয়।

১৫.১৬ ট্যাকোমিটারের সংজ্ঞাসহ ব্যবহার

অনেক ক্ষেত্রেই রৈখিক বেগ পরিমাপের একমাত্র উপায় রৈখিক বেগকে কৌণিক বেগে রূপান্তরের মাধ্যমে পরিমাপ করা। মূলত ট্যাকোমিটার এভাবে কাজ করে। যে কোনো বৈদ্যুতিক মেশিন, মোটর, জেনারেটর, প্রাইমমুভার ইত্যাদি যন্ত্রের ঘূর্ণন গতিবেগ পরিমাপ করার জন্য যে যন্ত্রের ব্যবহার করা হয় তাকে ট্যাকোমিটার বলে। ট্যাকোমিটারের ঘূর্ণন গতিবেগ R.P.M-এ প্রকাশ করা হয়। পাশে ট্যাকোমিটার চিত্র: ১৫.১৪ অঙ্কন করে দেখানো হলো।

**ট্যাকোমিটারের শ্রেণিবিভাগ:**

ঘূর্ণন গতিবেগের পরিমাপের উপর ভিত্তি করে ট্যাকোমিটার তিন প্রকার। যথা –

- (ক) ইন্ডাকটিভ ট্যাকোমিটার;
- (খ) ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ট্যাকোমিটার এবং
- (গ) ফটো ইলেকট্রিক ট্যাকোমিটার।

ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ট্যাকোমিটার আবার দুই প্রকার। যথা –

- (ক) ডিসি ট্যাকোমিটার এবং
- (খ) এসি ট্যাকোমিটার।

ট্যাকোমিটারের ব্যবহার:

- (ক) ডিসি মোটর ও এসি মোটরের ঘূর্ণন গতিবেগ নির্ণয় করার জন্য;
- (খ) ডিসি জেনারেটর ও এসি জেনারেটরের ঘূর্ণন গতিবেগ নির্ণয় করার জন্য;
- (গ) টারবাইন ও মেশিনের ঘূর্ণন গতিবেগ নির্ণয় করার জন্য ব্যবহৃত হয়;
- (ঘ) প্রাইমমুভারের ঘূর্ণন গতিবেগ নির্ণয় করার জন্য ট্যাকোমিটার ব্যবহৃত হয়।

১৫.১৭ ক্লিপ অন মিটারের সংজ্ঞাসহ ব্যবহার:

যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে বিদ্যুৎ সরবরাহ লাইনের যে কোনো তার বা ক্যাবলে ক্ল্যাম্প করে কারেন্টের মান অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা যায়, তাকে ক্লিপ অন মিটার বলে। পাশে ক্লিপ অন মিটার চিত্র: ১৫.১৫ অঙ্কন করে দেখানো হলো।



ক্লিপ অন মিটারে বিভিন্ন ফাংশন থাকে:

- (ক) পাওয়ার সুইচ: এর মাধ্যমে মিটারের ডিসপ্লে পাওয়ার আসে;
- (খ) সিলেক্টর নব: এর মাধ্যমে বিভিন্ন রেঞ্জ যথা: রেজিস্ট্যান্স, এসি কারেন্ট ও এসি ভোল্টেজের সিলেকশন করা যায়;
- (গ) ডাটা হোল্ড: রেজিস্ট্যান্স, কারেন্ট ও ভোল্টেজ পরিমাপের সময় ডাটা হোল্ড করে পরিমাপের মান সংরক্ষণ করা যায়। এ ধরনের মান মিটারের সংযোগ বিচ্ছিন্ন অবস্থায় দেখা যায়, যতক্ষণ পর্যন্ত পাওয়ার সুইচ বন্ধ না করা হয় অথবা স্বয়ংক্রিয়ভাবে পাওয়ার বন্ধ না হয়।

ক্লিপ অন মিটারের ব্যবহার:

- (ক) এসি কারেন্ট পরিমাপ করা যায়;
 - (খ) রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়;
 - (গ) এসি ভোল্টেজ পরিমাপ করা যায়।
- এছাড়া ওপেন সার্কিট ভ্রুটি, শর্ট সার্কিট ভ্রুটি, আর্থ ভ্রুটি ও তারের কন্টিনিউটি টেস্ট করা যায়।

অনুশীলনী-১৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। অ্যামিটার কী কাজে প্রয়োজন হয়?
- ২। অ্যামিটারের ডায়ালে চিহ্ন থাকলে এটি দ্বারা কী বোঝায়?
- ৩। একটি অ্যামিটারের রেঞ্জ 20Amp. স্কেলের ভাগ সংখ্যা ৪০। মিটারটির কাটা ৩২ ভাগ বিক্ষেপ দেখালে কারেন্ট কত হবে?
- ৪। ভোল্টমিটার কী কাজে প্রয়োজন হয়?
- ৫। ভোল্টমিটারের ডায়ালে ‘—’ চিহ্ন থাকলে এ দ্বারা কী বোঝায়?
- ৬। ভোল্টমিটারের ডায়ালে ‘~’ চিহ্ন থাকলে এ দ্বারা কী বোঝায়?
- ৭। যে যন্ত্রের সাহায্যে পাওয়ার পরিমাপ করা হয় তার নাম কী?
- ৮। একটি সার্কিটে একটি সিঙ্গেল ফেজ ওয়াটমিটার সঠিকভাবে সংযোগের জন্য ভূমি কী ব্যবস্থা গ্রহণ করবে?
- ৯। একটি সার্কিটে সিঙ্গেল ফেজ ওয়াটমিটারের কয়েলদ্বয় কিভাবে সংযোগ করতে হয়?
- ১০। ওয়াটমিটারের রেঞ্জ কত?
- ১১। ওহম মিটার কোথা হতে সরবরাহ পায়?
- ১২। ওহম মিটারের কোনো ধরনের সরবরাহে কাজ করে?
- ১৩। একটি ওহম মিটার যখন অপারেশন করে না, তখন নিডেলটি কত রেজিস্ট্যান্স দেখায়?
- ১৪। ওহম মিটার এমন একটি যন্ত্র যার সাহায্যে কী পরিমাপ করা হয়?
- ১৫। ওহম মিটার সাধারণত কোথায় ব্যবহৃত হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। অ্যামিটারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ২। সার্কিটে অ্যামিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।
- ৩। অ্যামিটারকে লাইনের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয় কেন?
- ৪। অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স নিম্নমানের হয় কেন?
- ৫। অ্যামিটারকে লাইনের সাথে প্যারাললে সংযোগ করলে কী ঘটবে?
- ৬। ভোল্টমিটারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ৭। সার্কিটে ভোল্টমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।
- ৮। ভোল্টমিটারের কাজ কী?
- ৯। ভোল্টমিটারকে লাইনের সাথে প্যারাললে সংযোগ করলে কী ঘটবে?
- ১০। ভোল্টমিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স উচ্চমানের হয় কেন?
- ১১। ভোল্টমিটারকে লাইনের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয় না কেন?
- ১২। ভোল্টমিটারের রেঞ্জ কীভাবে বৃদ্ধি করা যায়?
- ১৩। ওয়াটমিটার কী?
- ১৪। ওয়াটমিটারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ১৫। ওয়াটমিটারের প্রয়োজনীয়তা লেখ।
- ১৬। সার্কিটে ওয়াটমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।
- ১৭। ওহম মিটার কী?
- ১৮। ওহম মিটার দ্বারা কী কী টেস্ট করা যায়?
- ১৯। একটি ওহম মিটার ঠিক আছে কী-না তা তুমি কীভাবে বুঝবে?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। অ্যামিটারের গঠনপ্রণালি আলোচনা কর।
- ২। ভোল্টমিটারের গঠনপ্রণালি আলোচনা কর।
- ৩। অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৪। ওয়াটমিটারের গঠনপ্রণালি আলোচনা কর।
- ৫। ওহম মিটারের গঠনপ্রণালি আলোচনা কর।
- ৬। ওহম মিটারের কার্যপ্রণালি আলোচনা কর।
- ৭। ওহম মিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার পদ্ধতি বর্ণনা কর।

ষোড়শ অধ্যায় বৈদ্যুতিক পাওয়ার

১৬.১ বৈদ্যুতিক পাওয়ার

বিজ্ঞানের ভাষায় কাজ করার হারকে পাওয়ার বলে। অন্য ভাষায় বলা যায়, একক সময় বৈদ্যুতিক সার্কিটে যে পরিমাণ এনার্জি সরবরাহ করে তাকে বৈদ্যুতিক পাওয়ার বলে। একে P দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। সুতরাং, বৈদ্যুতিক পাওয়ার, $P = \frac{w}{t}$ জুল/সেকেন্ড (i)

যদি কোনো বৈদ্যুতিক সার্কিটে θ একক চার্জ V ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপে t সেকেন্ড সময়ে প্রবাহিত হয়, তবে কাজের পরিমাণ, $W = \theta V$ হবে। এর মান (i)নং সমীকরণে বসাই।

$$P = \frac{\theta V}{t} \text{ জুল/সেকেন্ড (ii)}$$

এখানে প্রতি সেকেন্ডে চার্জের পরিমাণকে কারেন্ট ও ধরা হয়েছে।

অর্থাৎ, কারেন্ট, $I = \frac{\theta}{t}$

$\frac{\theta}{t}$ এর মান (ii)নং সমীকরণে বসাই

$$P = \frac{\theta V}{t}$$

$$= V \times I$$

$$= VI \text{ জুল/সেকেন্ড}$$

$$= VI \text{ ওয়াট [1 জুল/সেকেন্ড = 1 ওয়াট]}$$

অর্থাৎ, বৈদ্যুতিক পাওয়ার বলতে বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের গুণফলকে বোঝায়।

১৬.২ বৈদ্যুতিক পাওয়ারের প্রতীক ও একক

ইলেকট্রিক পাওয়ারকে P প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। বৈদ্যুতিক পাওয়ারের (এসআই) একক ওয়াট। এটির বৃহত্তম একক কিলোওয়াট ও মেগাওয়াট।

$$1 \text{ কিলোওয়াট} = 1000 \text{ ওয়াট};$$

$$1 \text{ মেগাওয়াট} = 10^6 \text{ ওয়াট};$$

$$= 10^3 \text{ কিলোওয়াট}।$$

এছাড়া, যান্ত্রিক পাওয়ারের একক হলো হর্স পাওয়ার বা অশ্ব-শক্তি।

$$1 \text{ অশ্ব-শক্তি} = 550 \text{ ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড};$$

$$= 746 \text{ ওয়াট}।$$

আবার,

$$1 \text{ অশ্ব-শক্তি} = 746 \text{ ওয়াট}।$$

১৬.৩ বৈদ্যুতিক পাওয়ারের সাথে ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্কের সমীকরণ

কোনো সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট ও ভোল্টেজের গুণফলকে পাওয়ার বলে। পাওয়ারকে P প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

মনে করি, একটি ব্যাটারি t সেকেন্ডে w কার্য সম্পাদন করে। আমরা জানি, পাওয়ার $P = \frac{w}{t}$ ওয়াট/সেকেন্ড। কিন্তু কাজের সংজ্ঞানুসারে আবার আমরা জানি, কার্য $(w) = VI t$ জুল।

$$\begin{aligned}\therefore \text{ইলেকট্রিক পাওয়ার } P &= \frac{w}{t} \text{ ওয়াট / সেকেন্ড} \\ &= \frac{VI t}{t} \text{ জুল / সেকেন্ড} \\ &= VI \text{ ওয়াট [জুল / সেকেন্ড = ওয়াট]} \\ &= IR \times I \\ &= I^2 R \dots\dots\dots (i) \\ &= \left(\frac{V}{R}\right)^2 \times R \\ &= \frac{V^2}{R} \dots\dots\dots (ii)\end{aligned}$$

যান্ত্রিকভাবে:-

কার্য = বল $\times$ দূরত্ব

$$\begin{aligned}\therefore \text{পাওয়ার অর্থাৎ কার্যের হার} &= \text{বল} \times \text{দূরত্ব অতিক্রমের হার} \\ &= \text{ভোল্টেজ} \times \text{কারেন্ট} \\ &= VI \text{ ওয়াট} \dots\dots\dots (iii)\end{aligned}$$

উপরের (i)নং, (ii)নং এবং (iii)নং সমীকরণগুলো ইলেকট্রিক পাওয়ারের সাথে ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্কের সমীকরণ।

১৬.৪ এসি সার্কিটের এককসহ অ্যাকটিভ পাওয়ার

এসি সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেন্টের আনুভূমিক উপাদানের গুণফলকে রিয়াল পাওয়ার বা অ্যাকটিভ পাওয়ার বা প্রকৃত পাওয়ার বলে। এটিকে P প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। $P = VI \cos \theta$ । এর একক ওয়াট। এর বড় একক কিলোওয়াট। $1 \text{ Kw} = 1000w$

১৬.৫ যান্ত্রিক ক্ষমতা ও বৈদ্যুতিক ক্ষমতার মধ্যে সম্পর্ক

যান্ত্রিক ক্ষমতা ও বৈদ্যুতিক ক্ষমতার মধ্যে সম্পর্ক নিম্নরূপ -

$$\begin{aligned}1 \text{ H.P} &= 550 \text{ ফুট-পাউন্ড/সেকেন্ড} \\ &= 550 \times 12 \text{ ইঞ্চি-পাউন্ড/সেকেন্ড [১ ফুট = ১২ ইঞ্চি]} \\ &= 550 \times 12 \times 2.54 \text{ সে.মি.-পাউন্ড/সেকেন্ড [১ ইঞ্চি = ২.৫৪ সে.মি.]} \\ &= 550 \times 12 \times 2.54 \times ৪৫৩.৬ \text{ গ্রাম-সে.মি/সেকেন্ড [১ পাউন্ড = ৪৫৩.৬ গ্রাম]} \\ &= 550 \times 12 \times 2.54 \times 453.6 \times 981 \text{ ডাইন-সে.মি/সেকেন্ড [১ গ্রাম = ৯৮১ ডাইন]} \\ &= 746 \times 10^7 \text{ ডাইন-সে.মি/সেকেন্ড} \\ &= 746 \times 1 \text{ জুল/সেকেন্ড [১০}^7 \text{ ডাইন-সে.মি. = ১ জুল]} \\ &= 746 \text{ ওয়াট [১ জুল/সেকেন্ড = ১ ওয়াট]}\end{aligned}$$

১৬.৬ বৈদ্যুতিক পাওয়ারের গাণিতিক সমস্যার সমাধান

সমস্যা-১: ২২০ ভোল্টের একটি ডায়নামো ৫৫ ওহম রেজিস্ট্যান্সের একটি বাতির মধ্য দিয়ে ২ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হলে, বাতির ব্যয়িত ক্ষমতা নির্ণয় কর।

ফর্ম্যা-১১, জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১ (প্রথম ও দ্বিতীয় পত্র)-৯ম শ্রেণি

সমাধান:

আমরা জানি,

$$\text{পাওয়ার, } P = VI$$

$$= 220 \times 2$$

$$= 440 \text{ watt (উত্তর)}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$\text{ভোল্টেজ, } V = 220V$$

$$\text{রেজিস্ট্যান্স, } R = 55\Omega$$

$$\text{কারেন্ট, } I = 2A$$

$$\text{পাওয়ার, } P = ?$$

সমস্যা-২: একটি বৈদ্যুতিক বাতিকে 100 ওয়াট, 200 ভোল্ট দ্বারা চিহ্নিত করা আছে। বাতিটির রেজিস্ট্যান্স এবং এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মান নির্ণয় কর।

সমাধান:

আমরা জানি,

(ক) বাতির রেজিস্ট্যান্স,

$$R = \frac{V^2}{P}$$

$$= \frac{(200)^2}{100}$$

$$= 200\Omega \text{ (উত্তর)}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$\text{পাওয়ার, } P = 100W$$

$$\text{ভোল্টেজ, } V = 220V$$

$$\text{রেজিস্ট্যান্স, } R = ?$$

$$\text{কারেন্ট, } I = ?$$

(খ) বাতির কারেন্ট,

$$I = \frac{P}{V}$$

$$= \frac{100}{200} = 0.5A \text{ (উত্তর)}$$

সমস্যা-৩: একটি হিটারের হিটিং ইলিমেন্টের রেজিস্ট্যান্স 120 ওহম। হিটারটি 240 ভোল্ট সরবরাহ লাইনে সংযোগ করলে কত কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং হিটারের পাওয়ার কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$(ক) \text{ কারেন্ট, } I = \frac{V}{R}$$

$$= \frac{240}{120}$$

$$= 2A \text{ (উত্তর)}$$

$$\text{রেজিস্ট্যান্স, } R = 120\Omega$$

$$\text{ভোল্টেজ, } V = 240V$$

$$\text{কারেন্ট, } I = ?$$

$$\text{পাওয়ার, } P = ?$$

$$(খ) \text{ পাওয়ার, } P = VI$$

$$= 240 \times 2$$

$$= 480 \text{ Watt (উত্তর)}$$

অনুশীলনী-১৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। এক অশ্ব-শক্তি কত জুলস্ / সেকেন্ড?
- ২। বৈদ্যুতিক পাওয়ারের সূত্র কী?
- ৩। ১ মেগাওয়াট সমান কত ওয়াট?
- ৪। সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় করার সূত্র কী?
- ৫। ১০ ওহম রেজিস্ট্যান্সবিশিষ্ট ডিভাইসে একটি ১০০ ভোল্টের জেনারেটর হতে পাওয়ার সরবরাহ করা হয়। ডিভাইসের গৃহীত পাওয়ারের পরিমাণ কত?
- ৬। কারেন্ট, ভোল্টেজ ও সময়ের মধ্যে সম্পর্ক নির্দেশক সূত্রের নাম কী?
- ৭। এক অশ্ব-ক্ষমতা সমান কত ওয়াট?
- ৮। ১ অশ্ব-শক্তি মেট্রিক সমান কত ওয়াট?
- ৯। ১ হর্স পাওয়ার সমান কত কিলোওয়াট?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক ক্ষমতা বা বৈদ্যুতিক পাওয়ার কী?
- ২। পাওয়ারের একক লেখ।
- ৩। ওয়াট কী?
- ৪। ওয়াটের একক কী?
- ৫। অশ্ব-ক্ষমতা কী?
- ৬। অশ্ব-ক্ষমতার একক কী?
- ৭। বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও যান্ত্রিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক কী?
- ৮। ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ারের গাণিতিক প্রকাশ কী?
- ৯। এক ওয়াট কী?
- ১০। এক অশ্ব-ক্ষমতা কী?
- ১১। এক কিলোওয়াট আওয়ার কী?
- ১২। সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর ৪০% বলতে কী বোঝায়?

গাণিতিক সমস্যার সমাধান

- ১। একটি হিটার ইলিমেন্টের মধ্যে ২৩০V এসি সরবরাহ করলে ১০ অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তবে হিটারের পাওয়ার নির্ণয় কর। $[P = 2.30KW]$
- ২। একটি টিউবলাইটের গায়ে ৪০ ওয়াট, ২৩০ ভোল্ট লিখা আছে। তাহলে বাতিটির মধ্য দিয়ে কী পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং বাতিটির রেজিস্ট্যান্স কত হবে? $[R = 13220, I = 0.17]$

- ৩। একটি ফিলামেন্ট বাতির রেজিস্ট্যান্স 450 ওহম। বাতিটির আড়াআড়ি 250 ভোল্ট এসি সরবরাহ দিলে বাতির পাওয়ার নির্ণয় কর। $[P = 138.89W]$
- ৪। 500 ওহমের একটি টোস্টারের মধ্য দিয়ে 10 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহিত হলে টোস্টারের পাওয়ার নির্ণয় কর। $[P = 5KW]$

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক পাওয়ার কী? এর একক এবং মাপন যন্ত্রের নাম লেখ।
- ২। ওয়াট, কিলোওয়াট এবং হর্স পাওয়ার বলতে কী বোঝায়?
- ৩। ইলেকট্রিক পাওয়ারের সাথে ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্ট্যান্সের সম্পর্কের সমীকরণ নির্ণয় কর।
- ৪। এসি সার্কিটে অ্যাপারেন্ট বা আপাত পাওয়ার ও রিয়্যাল বা প্রকৃত পাওয়ারের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৫। এসি সার্কিটে অ্যাপারেন্ট বা আপাত পাওয়ার ও রিয়্যাকটিভ বা সক্রিয় পাওয়ারের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৬। বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও যান্ত্রিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ৭। পাওয়ার ফ্যাক্টর কী? এটি কত প্রকার ও কী কী?

সপ্তদশ অধ্যায় ইলেকট্রিক এনার্জি

১৭.১ ইলেকট্রিক এনার্জির সংজ্ঞাসহ প্রতীক ও বিভিন্ন ইলেকট্রিক একক

বৈদ্যুতিক এনার্জি: কাজ করার সামর্থ্যকে এনার্জি বলে। অন্যভাবে বলা যায়, পাওয়ার যত সময় সার্কিটে কাজ করে, সে সময়ের গুণফলকে এনার্জি বলে। বৈদ্যুতিক পাওয়ার যত সময় সার্কিটে কাজ করে, সে সময়ের গুণফলকে ইলেকট্রিক এনার্জি বলে। আমরা জানি, বৈদ্যুতিক পাওয়ারের একক ওয়াট। কিন্তু আমরা বৈদ্যুতিক এনার্জির সংজ্ঞা হতে লিখতে পারি,

বৈদ্যুতিক এনার্জি (E) = VI_t ওয়াট-আওয়ার

(যখন V, I এবং t যথাক্রমে ভোল্ট, অ্যাম্পিয়ার ও ঘন্টায় নির্দেশিত)

$$= Pt \text{ ওয়াট-আওয়ার (যেহেতু, } P = VI)$$

$$= \frac{VI}{1000} \text{ কিলোওয়াট-আওয়ার।}$$

বৈদ্যুতিক প্রতীক: বৈদ্যুতিক এনার্জির প্রতীককে E দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।

বৈদ্যুতিক এনার্জির একক: এস.আই. পদ্ধতিতে বৈদ্যুতিক এনার্জির একক হলো জুল বা ওয়াট-সেকেন্ড। এটি এনার্জির অতি ক্ষুদ্র একক। আর বৃহৎ একক হলো কিলোওয়াট-আওয়ার। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কিলোওয়াট-আওয়ার একককে বৈদ্যুতিক এনার্জির একক হিসেবে বিবেচনা করা হয়। আবার কিলোওয়াট-আওয়ারকে বোর্ড অব ট্রেড বলা হয়।

‘একটি বাতির গায়ে 230V, 60w লিখা আছে’ - এর দ্বারা যে অর্থ বোঝানো হয়েছে তা নিম্নে দেয়া হলো। যথা -

(ক) 230V সরবরাহ লাইনে বাতিটি সর্বোচ্চ আলো বিকিরণ করবে;

(খ) বাতিটির ফিলামেন্ট রেজিস্ট্যান্স (R) = $\frac{220 \times 220}{60}$ বা 806.67Ω বোঝায়;

(গ) বাতিটির 806.67Ω রেজিস্ট্যান্সকে অতিক্রম করতে কারেন্টের প্রতি সেকেন্ডে 60 জুল তড়িৎ শক্তি অপচয় করতে হয়;

(ঘ) বর্তনীতে যদি বাতিটি 5 ঘন্টা জ্বালানো হয় তবে বিদ্যুৎ খরচ হয় = $\frac{60 \times 5}{1000}$ বা $\frac{300}{1000}$ কিলোওয়াট-আওয়ার বা 0.30 ইউনিট।

১৭.২ ইলেকট্রিক পাওয়ার ও এনার্জির মধ্যে সম্পর্ক

ইলেকট্রিক পাওয়ার: বৈদ্যুতিক সার্কিটে প্রবাহিত কারেন্ট ও ভোল্টেজের গুণফলকে ইলেকট্রিক পাওয়ার অথবা বৈদ্যুতিক পাওয়ার বলে। বৈদ্যুতিক পাওয়ারকে P দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। সুতরাং, P = VI ওয়াট। [যখন, V এবং I যথাক্রমে ভোল্ট এবং অ্যাম্পিয়ার]

ইলেকট্রিক বা বৈদ্যুতিক এনার্জি: বৈদ্যুতিক সার্কিটে পাওয়ার যত সময় ধরে কাজ করে, সে সময়ের গুণফলকে ইলেকট্রিক এনার্জি বা বৈদ্যুতিক এনার্জি বলে। একে E দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। সুতরাং, E = Pt অর্থাৎ, ইলেকট্রিক এনার্জি হলো বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও সময়ের গুণফলের সমান। এটাই হলো বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও বৈদ্যুতিক এনার্জির মধ্যে সম্পর্ক।

১৭.৩ কোনো লোডে ব্যয়িত ইলেকট্রিক এনার্জির পরিমাণ নির্ণয়

সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ = V ভোল্ট

প্রবাহিত কারেন্ট = I অ্যাম্পিয়ার

সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহের সময় = t ঘণ্টা

আমরা জানি,

সার্কিটে বৈদ্যুতিক পাওয়ার, $P = VI$ ওয়াট।

আর সার্কিটে যদি বৈদ্যুতিক পাওয়ার t সময় কাজ করে, তবে সে সময়ের গুণফলকে ব্যয়িত বৈদ্যুতিক এনার্জি বলে।

সুতরাং, ব্যয়িত বৈদ্যুতিক এনার্জি বা ইলেকট্রিক এনার্জি, $E = VI t$ ওয়াট-আওয়ার

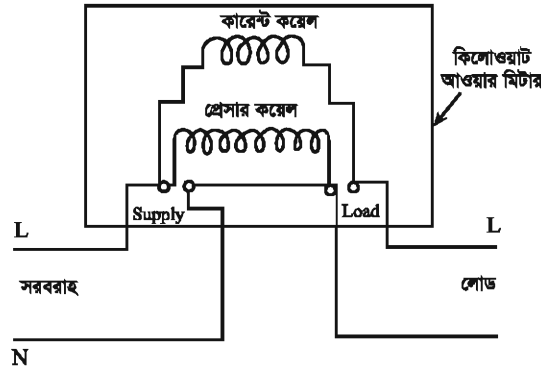
$$= Pt \text{ ওয়াট-আওয়ার [যেহেতু, } P = VI]$$

$$= \frac{Pt}{1000} \text{ কিলোওয়াট-আওয়ার।}$$

অর্থাৎ, যদি P ত্ব ক্ষমতায় একটি বৈদ্যুতিক লোড t ঘণ্টা সময় ধরে চলে, তবে ব্যয়িত এনার্জি হবে $E = P \times t$ kwh.

১৭.৪ সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার সার্কিটে সংযোগের চিত্র অঙ্কন

সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার বা কিলোওয়াট-আওয়ার মিটার সার্কিটে সংযোগ [চিত্র: ১৭.১] অঙ্কন করে নিম্নে প্রদান করা হলো-



চিত্র: ১৭.১

১৭.৫ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যা-১: ১০০ ওয়াটের একটি বাতি ২২০ ভোল্ট সরবরাহ লাইন হতে কারেন্ট নেয় এবং ২ ঘণ্টা ধরে জ্বলে। বাতিটি কতটুকু শক্তি বা এনার্জি ব্যয় করে?

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$E = Pt$$

$$P = 100w$$

$$= 100 \times 2$$

$$V = 220V$$

$$= 200 \text{ wh}$$

$$t = 2 \text{ hour}$$

$$= \frac{200}{1000} \text{ kwh}$$

$$E = ?$$

$$= 0.2 \text{ kwh}$$

সমস্যা-২: ২৫ ওহমের একটি বৈদ্যুতিক হিটার ২৩০ ভোল্ট লাইনে ০.২ ওহমের মোট রেজিস্ট্যান্সের একটি ক্যাবল দিয়ে সংযোগ করা হলো। হিটারটি ২ ঘণ্টা ধরে চললে কত এনার্জি খরচ হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} E &= Pt & R &= 25\Omega \\ &= VI t \text{ [যেহেতু, } P = VI] & V &= 230V \\ &= Vt \times \frac{V}{R} \text{ [যেহেতু, } I = \frac{V}{R}] & t &= 2 \text{ hour} \\ &= 230 \times 2 \times \frac{230}{25} & E &= ? \\ &= 230 \times 2 \times 9.2 \\ &= 4232 \text{ wh} \\ &= \frac{4232}{1000} \text{ kwh} \\ &= 4.232 \text{ kwh} \end{aligned}$$

সমস্যা-৩: ২৫০ ভোল্টের একটি বাতির উত্তম রেজিস্ট্যান্স ২৫০ ওহম। যদি বাতিটি ১২ ঘণ্টা জ্বলে, তবে বাতিটির ব্যয়িত এনার্জির পরিমাণ কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} E &= Pt & R &= 250\Omega \\ &= \frac{V^2}{R} \times t \text{ [যেহেতু, } p =] & V &= 250V \\ &= \frac{(250)^2}{250} \times 12 & t &= 12 \text{ hour} \\ &= 250 \times 12 & E &= ? \\ &= 3000 \text{ wh} \\ &= \frac{3000}{1000} \text{ kwh} \\ &= 3 \text{ kwh} \end{aligned}$$

সমস্যা-৪: একটি হোস্টেলে ৪০ খানা কামরায় ৪০ ওয়াটের ৪০ খানা বাতি প্রত্যেক রাত্রিতে সন্ধ্যা ৬টা হতে রাত্রি ১১টা পর্যন্ত জ্বলে। এছাড়া, ১০০ ওয়াটের একখানা রেডিও বাইরের ঘরে ৪ ঘণ্টা করে চলে। যদি প্রতি ইউনিটের জন্য ৪.৩০ টাকা খরচ লাগে, তবে মাসে কত খরচ লাগবে?

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} E &= E_1 + E_2 & P_1 &= 40 \text{ w} \\ &= N_1 P_1 t_1 + N_2 P_2 t_2 & N_1 &= 40 \\ &= 40 \times 40 \times 5 + 1 \times 100 \times 4 & t_1 &= 6 \text{ to } 11 \\ &= 8000 + 400 & P_2 &= 100 \text{ w} \\ &= 8400 \text{ wh} & N_2 &= 1 \\ &= \frac{8400}{1000} \text{ kwh} & t_2 &= 4 \text{ hour} \\ &= 8.4 \text{ kwh} & \text{unit} &= 4.30 \text{ taka} \\ & & \text{Total Energy Cost} &= ? \end{aligned}$$

1 দিনের এনার্জি খরচ = 8.4 kwh

∴ 1 মাস বা 30 দিনের এনার্জি খরচ = 8.4×30
= 252 kwh

আমরা জানি,

1 kwh = 1 unit

∴ 252 kwh = 1×252 unit
= 252 unit

1 unit এর দাম 4.30 টাকা

∴ 252 unit এর দাম = 4.30×252
= 1083.60 টাকা।

অনুশীলনী-১৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক এনার্জির একক কী?
- ২। ১ ইউনিট বিদ্যুৎ শক্তির সমান কত ওয়াট-আওয়ার?
- ৩। ১ কিলোওয়াট-আওয়ার সমান কত জুল?
- ৪। বৈদ্যুতিক এনার্জির বৃহত্তম এককের নাম কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক এনার্জি বলতে কী বোঝায়?
- ২। বৈদ্যুতিক এনার্জির ব্যবহারিক একক কী?
- ৩। বোর্ড অব ট্রেড ইউনিট কী?
- ৪। বৈদ্যুতিক এনার্জির সূত্র লেখ?
- ৫। বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপক যন্ত্রের নাম কী?

সমস্যাবলি

- ১। একটি বাড়িতে 100 ওয়াটের 4টি বাতি, 60 ওয়াটের 3টি বাতি ও 2000 ওয়াটের 1টি হিটার গড়ে দৈনিক 5 ঘণ্টা করে চললে, 2000 সালের আগস্ট মাসের বিদ্যুৎ বিল কত টাকা হয়? (যদি প্রতি ইউনিটের দাম 4.10 টাকা হয়)
উত্তর: মোট মূল্য 1,639.59 টাকা
- ২। একটি এনার্জিমিটারের পূর্বপাঠ 002357 এবং বর্তমান পাঠ 0010034 হলে ব্যবহৃত এনার্জির পরিমাণ নির্ণয় কর।
উত্তর: 7677 kwh
- ৩। একটি বাড়িতে 40 ওয়াটের 4টি টিউব লাইট দৈনিক 5 ঘণ্টা করে, 80 ওয়াটের 8টি সিলিং ফ্যান দৈনিক 5 ঘণ্টা করে এবং $\frac{1}{6}$ অশ্ব ক্ষমতার 1টি রেফ্রিজারেটর দৈনিক 6 ঘণ্টা করে চললে ঐ বাড়ির

2001 সালের নভেম্বর মাসের বিদ্যুৎ বিল কত হবে? (প্রতি ইউনিটের মূল্য 4.15 টাকা হয়)

উত্তর: বিদ্যুৎ বিল 590.74 টাকা

- ৪। একটি বাড়িতে 60 ওয়াটের 3টি বাতি, 100 ওয়াটের 2টি বাতি, 80 ওয়াটের 2টি পাখা এবং 1000 ওয়াটের একটি ইল্ডি আছে। প্রতিটি গড়ে দৈনিক 3 ঘণ্টা করে কাজ করে। যদি সরবরাহ ভোল্টেজ 230 ভোল্ট হয়, তবে সার্কিটের মোট কত কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং প্রতি ইউনিটের মূল্য 4.50 টাকা হলে সালের 2002 জানুয়ারি মাসের বিদ্যুৎ বিল নির্ণয় কর।

উত্তর: সার্কিটের কারেন্ট 6.69 অ্যাম্পিয়ার এবং বিদ্যুৎ বিল 644.49 টাকা

- ৫। একটি বাড়িতে 60 ওয়াটের 8টি বাতি, 80 ওয়াটের 5টি পাখা, 1.5 কিলোওয়াটের 1টি হিটার এবং $\frac{1}{3}$ অশ্বশক্তির 1টি সিঙ্গেল ফেজ মোটর রয়েছে। বাতি ও পাখা দৈনিক 6 ঘণ্টা এবং হিটার ও মোটর 4 ঘণ্টা করে চালু থাকলে ঐ বাড়ির 2002 সালের ডিসেম্বর মাসের বিদ্যুৎ বিল কত হবে? (প্রতি ইউনিটের মূল্য 3.75 টাকা)

উত্তর: 1426.91 টাকা

- ৬। একটি বৈদ্যুতিক হিটার 220 ভোল্ট সরবরাহ লাইন হতে 10 অ্যাম্পিয়ার বিদ্যুৎ গ্রহণ করে। হিটারটিতে কী হারে শক্তি ব্যয় হয়? যদি হিটারটিকে 5 ঘণ্টাকাল চালনা করা হয়, তবে কত কিলোওয়াট-ঘণ্টা শক্তি খরচ হবে?

উত্তর: 2200 watt; 110kwh

- ৭। 100 ওয়াটের একটি বাতি 220 ভোল্ট সরবরাহ লাইন হতে কারেন্ট নেয় এবং 2 ঘণ্টা ধরে জ্বলে। বাতিটি কতটুকু শক্তি বা এনার্জি ব্যয় করে?

উত্তর: 0.2kwh

- ৮। একটি হোস্টেলে 40 খানা কামরায় 40 ওয়াটের 40 খানা বাতি প্রত্যেক রাত্রিতে সন্ধ্যা 6টা হতে রাত্রি 11টা পর্যন্ত জ্বলে। এছাড়া, 100 ওয়াটের একখানা রেডিও বাইরের ঘরে 4 ঘণ্টা করে চলে। যদি প্রতি ইউনিটের জন্য 3.30 টাকা খরচ লাগে, তবে মাসে কত খরচ লাগবে?

উত্তর: বিদ্যুৎ বিল 31,759.97 টাকা

- ৯। একটি বাড়িতে 60 ওয়াটের 5টি বাতি ও $\frac{1}{8}$ অশ্ব-পাওয়ারের দুটি পাখা আছে। বাতি ও পাখা যদি 220 ভোল্টের সরবরাহ লাইনে বাধা হয়, তবে দৈনিক 8 ঘণ্টা করে চললে এক মাসে বৈদ্যুতিক বিল কত হবে? [প্রতি ইউনিটের দাম 3.30 টাকা হারে]

উত্তর: বৈদ্যুতিক বিল 583.66 টাকা

- ১০। একটি ছাত্রাবাসে 8টি কক্ষ আছে। প্রতিটি কক্ষে 100 ওয়াটের 1টি বাতি ও 80 ওয়াটের 1টি সিলিং ফ্যান আছে এবং কমনরুমে 60 ওয়াটের 1টি টিভি আছে। লোডগুলো প্রতিদিন গড়ে 5 ঘণ্টা চলে। প্রতি ইউনিটের মূল্য 4.50 টাকা হলে, 2001 সালের ফেব্রুয়ারী মাসে বৈদ্যুতিক বিল কত টাকা হবে?

উত্তর: বৈদ্যুতিক বিল 945.00 টাকা

১১। একটি বাড়িতে 100 ওয়াটের 5টি বাতি, 60 ওয়াটের 10টি ফ্যান, 1.5 কিলোওয়াটের একটি বৈদ্যুতিক হিটার দৈনিক 3 ঘণ্টা করে জ্বলে। প্রতি ইউনিটের মূল্য 4.25 টাকা হলে, এক মাসের বৈদ্যুতিক বিল নির্ণয় কর।

উত্তর: বৈদ্যুতিক বিল 994.50 টাকা

১২। একটি বাড়িতে 60 ওয়াটের 3টি বাতি, 100 ওয়াটের 2টি বাতি, 80 ওয়াটের 2টি পাখা এবং 1000 ওয়াটের একটি ইলি আছে। প্রতিটি লোডে গড়ে দৈনিক 3 ঘণ্টা করে কাজ করে। যদি, সরবরাহ ভোল্টেজ 230 ভোল্ট হয়, তবে সার্কিটের মোট কত কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং প্রতি ইউনিটের মূল্য 4.20 টাকা হলে, 2002 সালের জানুয়ারি মাসের বিল কত নির্ণয় কর?

উত্তর: কারেন্ট 6.69Amp., বিদ্যুৎ বিল 6,815.24 টাকা

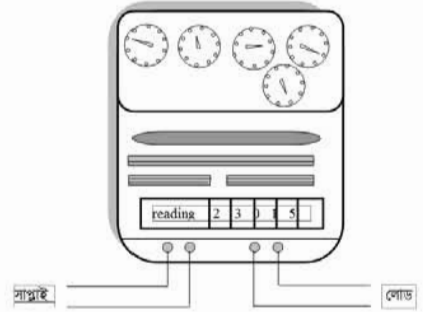
রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক এনার্জি কী? এর একক ও মাপনযন্ত্রের নাম লেখ।
- ২। ইলেকট্রিক পাওয়ার ও ইলেকট্রিক এনার্জির মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ৩। কোনো লোডে ব্যয়িত ইলেকট্রিক এনার্জির পরিমাণ নির্ণয় কর।
- ৪। 'রেজিস্ট্যান্সে পাওয়ার অপচয়।' - কথাটির অর্থ কী?
- ৫। 'একটি বাতির গায়ে 230V, 60W লিখা আছে।' - এ কথাটির অর্থ দ্বারা কী বোঝানো হয়েছে?

অষ্টাদশ অধ্যায় ইন্ডাকশন টাইপ এনার্জি মিটার

১৮.১ এনার্জি মিটারের সংজ্ঞাসহ শ্রেণিবিভাগ

যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে কোনো বর্তনীর বৈদ্যুতিক এনার্জি সরাসরি কিলোওয়াট আওয়ার এককে পরিমাপ করা যায়, তাকে এনার্জি মিটার বলে। গঠনের দিক থেকে বিচার করলে দেখা যায়, ওয়াটমিটারের সাথে এনার্জি মিটারের যথেষ্ট সাদৃশ্য রয়েছে। এ মিটারেও দুটি কয়েল থাকে। একটি কারেন্ট কয়েল এবং অপরটি প্রেসার কয়েল। এ কারেন্ট কয়েলের তার মোটা ও প্যাচের সংখ্যা কম হয়। এ প্রেসার কয়েল সরু তার ও প্যাচের সংখ্যা বেশি হয়। এ মিটারে একট চাকতি বা ডিস্ক ঘোরার ব্যবস্থা থাকে। চাকতি ঘোরার ফলে যত বৈদ্যুতিক এনার্জি খরচ হয় তা একটি নির্দিষ্ট সময়ে নির্দিষ্ট মান রেকর্ডিং করে রাখে। এনার্জি মিটারের ঘূর্ণনকে নিয়ন্ত্রণ করার জন্য চাকতির এক পাশে একটি স্থায়ী চুম্বক লাগানো থাকে। একে ব্রেকিং ম্যাগনেট বলে। এনার্জি মিটার ইন্ডাকশন নীতিতে কাজ করে বলে একে ইন্ডাকশন টাইপ কিলোওয়াট-আওয়ার মিটার বলে। ইন্ডাকশন টাইপ কিলোওয়াট আওয়ার মিটারকে হাউজ মিটার বা শুধু মিটারও বলে। এনার্জি মিটারে বাস্তব সংযোগ [চিত্র: ১৮.১] দেয়া হলো।



এনার্জি মিটারের শ্রেণিবিভাগ:

এনার্জি মিটার প্রধানত তিন প্রকার যথা- (ক) ইলেকট্রোলাইটিক বা ইন্ডাকশন টাইপ এনার্জি মিটার।

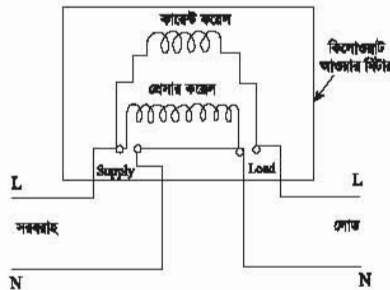
(খ) মোটর এনার্জি মিটার। (গ) ব্রুক এনার্জি মিটার।

সংযোগের উপর ভিত্তি করে এনার্জি মিটার আবার দুই প্রকার, যথা-

(ক) সিঙ্গেল ফ্রোজ এনার্জি মিটার (খ) ত্রি- ফ্রোজ এনার্জি মিটার

১৮.২ সার্কিটে এনার্জি মিটার সংযোগ চিত্র অঙ্কন

সার্কিটে এনার্জি মিটার সংযোগ [চিত্র: ১৮.২] নিম্নে প্রদান করা হলো -



চিত্র: ১৮.২

১৮.৩ এনার্জি মিটারের পাঠ গ্রহণ করার পদ্ধতি

বাসা-বাড়ী, অফিস-আদালত, কল-কারখানা, ফ্যাক্টরী ইত্যাদিতে এনার্জি পরিমাপের জন্য কিলোওয়াট-আওয়ার মিটার বা এনার্জি মিটার ব্যবহৃত হয়। এনার্জি মিটারের ডায়াল থেকে যে কোনো সময় পাঠ সরাসরি গ্রহণ করা যায়। এই পাঠ দশমিকের পর দুইঘর পর্যন্ত নেয়া হয়। এনার্জি মিটারের বিল হিসাব করার সুবিধার্থে দশমিক মান উপেক্ষা করা হয়। বর্তমান পাঠ থেকে পূর্বের সংখ্যক করা পাঠ বিয়োগ করলে নির্দিষ্ট সময়ে ব্যয়িত এনার্জির

পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যদি একটি এনার্জি মিটারের পূর্বের পাঠ 0010034 হয় এবং বর্তমান পাঠ 0020074 হয়, তবে এনার্জির পরিমাণ হবে,

$$\begin{aligned} E &= \text{বর্তমান পাঠ} - \text{পূর্বের পাঠ} \\ &= 0020074 - 0010034 \\ &= 10040 \text{ KWH} \end{aligned}$$

১৮.৪ এনার্জি মিটারের ত্রুটিসমূহ

দুটি কারণে এনার্জি মিটারে ত্রুটি হয়। যথা -

(ক) ঘর্ষণজনিত ত্রুটি এবং

(খ) মস্থনজনিত ত্রুটি।

ঘর্ষণজনিত ত্রুটি বা ফ্রিকশন ত্রুটি আবার দুই প্রকার। যথা -

(ক) মার্কারি ফ্রিকশন এবং

(খ) বিয়ারিং ফ্রিকশন।

এনার্জি মিটারের ত্রুটির বর্ণনা নিম্নে দেয়া হলো -

(ক) ঘর্ষণজনিত ত্রুটি -

কারণ: মুভিং অংশসমূহের স্পিঙল ও বিয়ারিং ঘর্ষণের ফলে এ ত্রুটি দেখা দেয়।

ক্ষতি: এর ফলে আর্মেচারের গতি ক্ষতিগ্রস্ত হয়।

প্রতিকার: একটি অতিরিক্ত এবং ক্ষুদ্রমানের চালিকা টর্ক দেয়া হয়। এ টর্ক বৈদ্যুতিক লোডের উপর নির্ভর করে।

(খ) মস্থনজনিত ত্রুটি -

কারণ: স্থায়ী চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে মুভিং একটি ধাতব থালার মধ্যে আবশিত এডি কারেন্ট দ্বারা এর সৃষ্টি হয়।

দোষ: বৃদ্ধি তাপমাত্রার ফলে ম্যাগনেটের গতি হারাতে থাকে।

প্রতিকার: তৈরি করার সময় ভালোভাবে ডিজাইন করতে হবে।

অনুশীলনী-১৮

অতি সংক্ষিপ্ত

১। এনার্জি মিটার কী?

২। এনার্জি মিটার কত প্রকার ও কী কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

১। এনার্জি মিটারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।

২। এনার্জি মিটারে কী কী ত্রুটি হতে পারে?

৩। সার্কিটে এনার্জি মিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।

৪। সার্কিটে একটি সিঙ্গেল ফেজ সার্কিট এনার্জি মিটারের সঠিক সংযোগের জন্য তুমি মিটারটি কীভাবে ব্যবহার করবে?

৫। সার্কিটে এনার্জি মিটারের কয়েলদ্বয় তুমি কীভাবে সংযোগ করবে? ব্যাখ্যা কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

১। এনার্জি মিটারের গঠন আলোচনা কর।

২। এনার্জি মিটারের ত্রুটিসমূহ প্রতিকারসহ আলোচনা কর।

উনিশবিংশ অধ্যায়

পাওয়ার ফ্যাক্টর ও পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণ

১৯.১ পাওয়ার ফ্যাক্টরের সংজ্ঞা ও শ্রেণিবিভাগ

পাওয়ার ফ্যাক্টর: এসি সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেন্টের ফেজ অ্যাঙ্গেলের কোসাইনের মানকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।

পাওয়ার ফ্যাক্টর: কোনো এসি সার্কিট প্রকৃত পাওয়ার ও আপাত পাওয়ারের অনুপাতকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে।

$$\therefore \text{পাওয়ার ফ্যাক্টর} = \frac{\text{একক পাওয়ার}}{\text{আপাত পাওয়ার}}$$

পাওয়ার ফ্যাক্টর: এসি সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স (R) ও ইম্পিড্যান্সের (Z) অনুপাত হলো পাওয়ার ফ্যাক্টর। পাওয়ার ফ্যাক্টরকে $\cos\theta$ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। পাওয়ার ফ্যাক্টরের কোনো একক নেই।

$$\therefore \text{পাওয়ার ফ্যাক্টর} = \frac{\text{সমতুল্য রেজিস্ট্যান্স}}{\text{সমতুল্য ইম্পিড্যান্স}} = \frac{R}{Z}$$

পাওয়ার ফ্যাক্টর তিন প্রকার। যথা –

- (১) ইউনিট পাওয়ার ফ্যাক্টর;
- (২) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর এবং
- (৩) লীডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর।

১৯.২ পাওয়ার ফ্যাক্টরের প্রতীক ও একক

এসি সার্কিটের প্রকৃত পাওয়ার ও আপাত পাওয়ারের অনুপাতকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। পাওয়ার ফ্যাক্টরকে $\cos\theta$ প্রতীক দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। পাওয়ার ফ্যাক্টর যেহেতু রাশির অনুপাত, সেহেতু তার কোনো একক নেই। পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান 0.8 হতে 0.9 পর্যন্ত গ্রহণযোগ্য।

পাওয়ার ফ্যাক্টর তিন প্রকার। যথা –

- (ক) একক বা ইউনিট পাওয়ার ফ্যাক্টর;
- (খ) ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর এবং
- (গ) লীডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর।

১৯.৩ পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণ

কল-কারখানায় বা বিভিন্ন ফ্যাক্টরিতে ইন্ডাকটিভ লোড ব্যবহারের কারণে পাওয়ার ফ্যাক্টর নিম্নমানের হয়। ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যবর্তী ফেজ কোণের কোসাইনের মানকে পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। যদি ভোল্টেজ থেকে কারেন্ট পিছনে থাকে তাকে ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর এবং ভোল্টেজ থেকে কারেন্ট যখন এগিয়ে থাকে তখন তাকে লীডিং পাওয়ার ফ্যাক্টর বলে। ক্যাপাসিটিভ লোড ব্যবহারের কারণে পাওয়ার ফ্যাক্টর লীডিং হয়। সুতরাং, লোডের সাথে যে সমস্ত ইকুইপমেন্ট যথা: ক্যাপাসিটর, সিনক্রোনাস কন্ডেনসার, সিনক্রোনাস মোটর ও ফেজ অ্যাডভেলার ইত্যাদি ব্যবহার করে ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর হতে লীডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে উন্নতি করা হয়, তখন তাকে পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণ বলে।

১৯.৪ পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণের প্রয়োজনীয়তা

বৈদ্যুতিক সিস্টেমে পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতির প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম। আমরা জানি, বৈদ্যুতিক সিস্টেমের পাওয়ার: $P = VICos\theta$ । পাওয়ার ফ্যাক্টর লোডের প্রকৃতির উপর নির্ভরশীল এবং সার্কিটের পাওয়ার, পাওয়ার ফ্যাক্টর মানের

সাথে সমানুপাতিক। ফলে, ইন্ডাকটিভ লোড ব্যবহারের কারণে পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান কমে গেলে সমপরিমাণ পাওয়ার স্থানান্তরের ক্ষেত্রে কারেন্টের মান বৃদ্ধি করতে হয়। এতে করে সিস্টেমে ব্যবহৃত বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি যথা: ট্রান্সফরমার, সুইচ গিয়ার, ওভারহেড লাইন ও বৈদ্যুতিক লাইনের সাপোর্ট ইত্যাদির সাইজ বৃদ্ধি করতে হয়। ফলে, উৎপাদন খরচ বৃদ্ধি পায় এবং প্রতি ইউনিট বিদ্যুতের খরচ বৃদ্ধি করতে হয়। এতে করে গ্রাহক ক্ষতিগ্রস্ত হয়। যদি ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টর হতে লীডিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে উন্নতি করার জন্য ক্যাপাসিটর, সিনক্রোনাস মোটর, কন্ডেনসার ইত্যাদি ব্যবহার করলে পাওয়ার ফ্যাক্টরের উন্নতি হয় এবং কিলোওয়াট ক্যাপাসিটি নির্দিষ্ট মানে থাকে। এতে করে প্রতি ইউনিটের বিদ্যুৎ খরচ ঠিক থাকে। ফলে গ্রাহক ও বিদ্যুৎ সংস্থার কোনো ক্ষতি হয় না। তাই গ্রাহক ও বিদ্যুৎ সংস্থা উভয়েরই জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টরের গুরুত্ব অপরিণীম।

অনুশীলনী-১৯

অতি সর্গক্ষণ প্রশ্ন

- ১। পাওয়ার ফ্যাক্টর কী?
- ২। পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান সাধারণত কত হয়?
- ৩। পাওয়ার ফ্যাক্টর কত প্রকার ও কী কী?
- ৪। পাওয়ার ফ্যাক্টর কী দ্বারা প্রকাশ করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণ বলতে কী বোঝায়?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নতিকরণের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।

জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১
১ম পত্র

ব্যবহারিক অংশ

নবম শ্রেণি

জব নং-১

জবের নাম: ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন প্রতিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ।

তত্ত্ব: কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহের ফলে বিভিন্ন ধরনের প্রতিক্রিয়া (যথা - তাপীয় প্রতিক্রিয়া, চুম্বকীয় প্রতিক্রিয়া, রাসায়নিক প্রতিক্রিয়া ইত্যাদি) সৃষ্টি হয় তাকে ইলেকট্রিসিটির প্রতিক্রিয়া বলে।

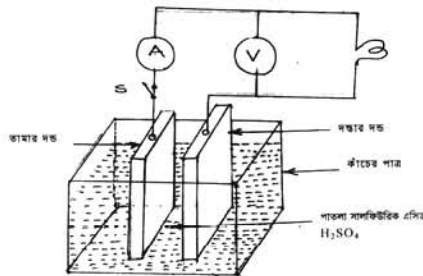
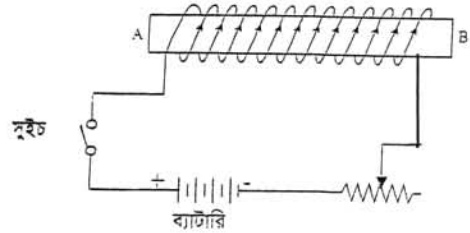
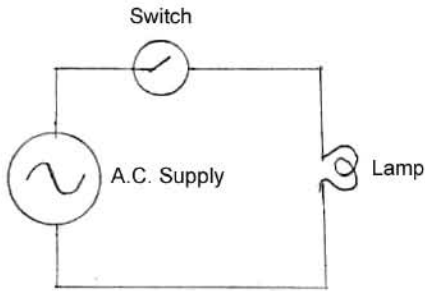
উদ্দেশ্য:

১. বৈদ্যুতিক বাতিকে তারের সাহায্যে বিদ্যুৎ প্রবাহ করে তাপীয় প্রতিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করা যাবে।
২. কোনো পরিবাহীর কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চালনা করলে এর চারদিকে চুম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। ফলে চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে চুম্বকীয় প্রতিক্রিয়া লক্ষ্য করা যাবে।
৩. এসিডমিশ্রিত পানিতে বিদ্যুৎ চালনা করলে, পানি তার গ্যাসীয় উপাদান হাইড্রোজেন ও অক্সিজেনে বিভক্ত হয়ে রাসায়নিক প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয়। যার ফলে রাসায়নিক প্রতিক্রিয়া লক্ষ্য করা যাবে।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কন্টিনেনশন গ্রানার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, কাটিং গ্রানার্স, নিয়ন টেস্টার, বৈদ্যুতিক হিটার লোহার দণ্ড, সুপার এনামেল কপার ওয়্যার, ব্যাটারি, সুইচ, রেজিস্টর কানেকটিং এবং ফ্লাট জু-ড্রাইভার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



একটি সাধারণ বিদ্যুৎ কোষের কার্বেন্ট ও জেনেটিক নির্দেশের চিত্র।

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করতে হবে।

২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. প্রথমে ১নং সার্কিটের সুইচ অন করলে দেখা যাবে বাতিটি বৈদ্যুতিক শক্তি হতে তাপ শক্তিতে রূপান্তর হয়। ফলে তাপ শক্তির মাধ্যমে তাপীয় প্রতিক্রিয়া লক্ষ করা যাবে।
৫. একটি লৌহ দণ্ডকে সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দ্বারা তারে কুণ্ডলী করে ২নং সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করে ব্যাটারির সাহায্যে কারেন্ট প্রবাহিত করলে লৌহদণ্ডটি অস্থায়ী চুম্বকে পরিণত হবে। ফলে লৌহদণ্ডটি চুম্বক ক্ষেত্রে সৃষ্টি করে চুম্বকীয় প্রতিক্রিয়া লক্ষ করা যাবে।
৬. কাচ পাত্রের মধ্যে আনুপাতিক হারে পানি (H_2O) ও সালফিউরিক এসিড (H_2SO_4) মিশ্রিত করে ইলেকট্রোলাইট তৈরি করা হয়। পাত্রের মধ্যে কিছু ব্যবধানে একটি তামার পাত ও একটি দস্তার পাত আংশিকভাবে ডুবিয়ে পাত দুইটিকে একটি তামার তার ও একটি বাত্ব দিয়ে সংযোগ করলে রাসায়নিক বিক্রিয়ার ফলে পাতদ্বয়ের মধ্যে ভোল্টেজ উৎপন্ন হবে। ফলে কারেন্ট তামার পাত দিয়ে দস্তার পাতে প্রবাহিত হয়, বাতিটি জ্বলে। ফলে সার্কিটে কারেন্টের অস্তিত্ব দেখা যায়। এভাবে রাসায়নিক প্রতিক্রিয়া লক্ষ করা যায়।
৭. সার্কিটের সুইচ বন্ধ করে সংযোগ বিচ্ছিন্ন করতে হবে।
৮. স্টোরে যত্নপাতি ও উপকরণ জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. তারের কুণ্ডলী সাবধানে প্যাঁচাতে হবে। যাতে তার ছিঁড়ে না যায়।
২. ব্যাটারি সংযোগ ঠিকভাবে দিতে হবে।
৩. সুইচ ফেজ তারে সংযোগ করতে হবে।
৪. সংযোগগুলো শক্তভাবে দিতে হবে।
৫. বাতিটি সাবধানে ব্যবহার করতে হবে, যাতে পরে ভেঙ্গে না যায়।

মন্তব্য: ইলেকট্রিসিটির বিভিন্ন প্রতিক্রিয়া লক্ষ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-২

জবের নাম: পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ শনাক্তকরণ।

তত্ত্ব: যে পদার্থের মধ্য দিয়ে সহজে কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে, তাকে পরিবাহী পদার্থ বলে। আর যে পদার্থের মধ্য দিয়ে সহজে কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে না, তাকে অপরিবাহী পদার্থ বলে।

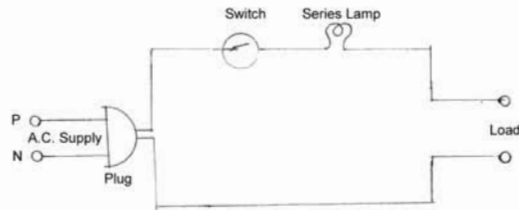
উদ্দেশ্য:

১. পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. পরিবাহী পদার্থ চিহ্নিত করার দক্ষতা অর্জন।
৩. অপরিবাহী পদার্থ চিহ্নিত করার দক্ষতা অর্জন।

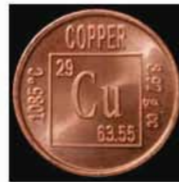
যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

সিরিজ ল্যাম্প, কিছু পরিবাহী পদার্থ যথা - তামার তার, লোহার টুকরা, তামা, দস্তা ইত্যাদি এবং অপরিবাহী পদার্থ হিসেবে কাচ, চীনা মাটি, ব্যাকলাইট, শুকনো কাগজ ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



চিহ্নিত পরিবাহী পদার্থ:



Aluminium Coin

Silver Coin

Gold Coin

Copper Coin

Iron Pipe

চিহ্নিত অপরিবাহী পদার্থ:



Glass

Insulator

Plastic Pipe

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে সিরিজ ল্যাম্প, কিছু পরিবাহী পদার্থ ও কিছু অপরিবাহী পদার্থ সংগ্রহ করতে হবে।
২. সিরিজে ল্যাম্পের সাহায্যে প্রতিটি পদার্থের দুপ্রান্তে সংযোগ করে এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৩. যদি সিরিজ ল্যাম্পটি জ্বলে তবে বুঝতে হবে পদার্থটি পরিবাহী পদার্থ। আর যদি সিরিজ ল্যাম্পটি না জ্বলে তবে বুঝতে হবে পদার্থটি অপরিবাহী পদার্থ।
৪. যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোরে জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. সিরিজ ল্যাম্পটি সাবধানে ব্যবহার করতে হবে, যাতে বাতিটি ভেঙ্গে না যায়।
২. সিরিজ ল্যাম্পের টার্মিনালদ্বয় যাতে স্পর্শ না লাগে, সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।

মন্তব্য: পরিবাহী ও অপরিবাহী পদার্থ চিহ্নিত করে দক্ষতা অর্জন করা যাবে।

অবশ্য-৩

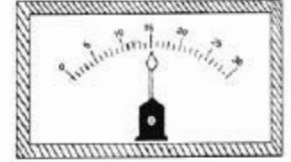
অবশ্যে নাম: ইলেকট্রিক্যাল মেজারিং ইন্সট্রুমেন্ট শনাক্তকরণে দক্ষতা অর্জন।

উদ্দেশ্য:

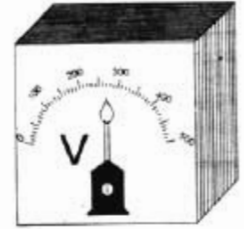
১. ইলেকট্রিক্যাল মেজারিং ইন্সট্রুমেন্টের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ইলেকট্রিক্যাল মেজারিং ইন্সট্রুমেন্ট ব্যবহার ও প্রয়োগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

বিভিন্ন মিটারের সাথে পরিচিতি ও ব্যবহার:

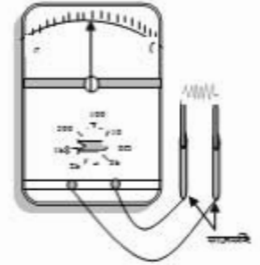
(ক) অ্যামিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে কারেন্ট পরিমাপ করা হয়, তাকে অ্যামিটার বলে। বৈদ্যুতিক বর্তনীর কারেন্ট পরিমাপ করার জন্য অ্যামিটার ব্যবহার করা হয়।



(খ) ভোল্টমিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে ভোল্টেজ পরিমাপ করা হয়, তাকে ভোল্টমিটার বলে। এর সাহায্যে ভোল্টেজ ভোল্ট এককে পরিমাপ করা যায়।



(গ) ওহম মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা হয়, তাকে ওহম মিটার বলে। এর সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স ওহম এককে পরিমাপ করা যায়।

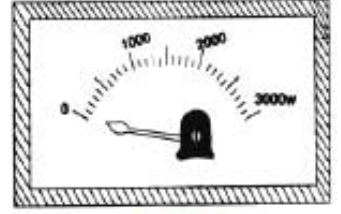


(ঘ) মাল্টিমিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ, রেজিস্ট্যান্স ইত্যাদি পরিমাপ করা যায়, তাকে মাল্টিমিটার বলে। এর সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ, রেজিস্ট্যান্স ইত্যাদি পরিমাপ করা যায়।



Read the owner's manual thoroughly before use

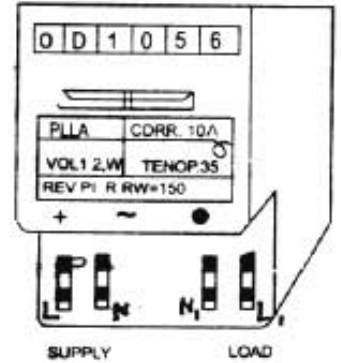
- (৬) ওয়াট মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে পাওয়ার পরিমাপ করা যায়, তাকে ওয়াট মিটার বলে। এর সাহায্যে পাওয়ার ওয়াট এককে পরিমাপ করা যায়।



- (৭) ক্লিপ অন মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে ক্ল্যাম্প করে কারেন্ট পরিমাপ করা হয়, তাকে ক্লিপ অন মিটার বলে। এর সাহায্যে ভোল্টেজ, কারেন্ট ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়।



- (৮) এনার্জি মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে এনার্জি পরিমাপ করা হয়, তাকে এনার্জি মিটার বলে। এর সাহায্যে এনার্জি পরিমাপ করা যায়।



- (৯) পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে এপি সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করা যায়, তাকে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার বলে। এর সাহায্যে পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপ করা যায়।



- (খ) ফ্রিকুয়েন্সি মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে এসি সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি পরিমাপ করা যায়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মিটার বলে। এর সাহায্যে ফ্রিকুয়েন্সি পরিমাপ করা যায়।



- (এ৳) ট্যাকোমিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে মোটরের ঘূর্ণন গতিবেগ পরিমাপ করা যায়, তাকে ট্যাকোমিটার বলে। এর সাহায্যে মোটরের আরপিএম মাপা যায়।



- (ট) মেগার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে তারের ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়, তাকে মেগার বলে। এর সাহায্যে ইন্সুলেশন রেজিস্ট্যান্স ওহমে পরিমাপ করা হয়।



- (ঠ) আর্থ টেস্টার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে আর্থ রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়, তাকে আর্থ টেস্টার বলে। এর সাহায্যে আর্থ রেজিস্ট্যান্স ওহমে পরিমাপ করা যায়।

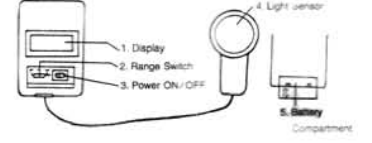


(ঙ) লাক্স মিটার: যে ইন্সট্রুমেন্টের সাহায্যে আলোর তীব্রতা পরিমাপ করা যায়, তাকে লাক্স মিটার বলে। এর সাহায্যে আলোর প্রখরতা টেস্ট করা যায়।

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. ইলেক্ট্রিক্যাল কাজ করতে হলে একজন শিক্ষার্থীকে যে সকল মিটার ব্যবহার করতে হবে তার একটি তালিকা তৈরি করতে হবে।
২. তালিকা মোতাবেক মিটারগুলো সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
৩. প্রশিক্ষকের নির্দেশ অনুযায়ী মিটারগুলোর সিলেক্টর সুইচ ঘুরিয়ে রেঞ্জ সম্পর্কে ধারণা নেওয়া যাবে।
৪. মিটারগুলোর ব্যবহার ও প্রয়োগ সম্পর্কে ধারণা শ্রেণির প্রশিক্ষকের নিকট হতে দিতে হবে।

6. FRONT PANEL DESCRIPTION



মন্তব্য: বিভিন্ন মেজারিং ইন্সট্রুমেন্টের সাথে পরিচিত এবং এদের ব্যবহার সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করতে পারবে।

জব নং-৪

জবের নাম: অ্যামিটারের সাহায্যে সার্কিটের কারেন্ট পরিমাপে দক্ষতা অর্জন।

তত্ত্ব: কোনো পরিবাহী প্রস্থচ্ছেদের মধ্য দিয়ে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ চার্জ প্রবাহিত হয় তাকে কারেন্ট বলে। আর যে যন্ত্রের সাহায্যে সার্কিটের কারেন্ট সরাসরি অ্যাম্পিয়ার এককে পরিমাপ করা যায়, তাকে অ্যামিটার বলে। অ্যামিটারের কয়েল মোটা তারের কমসংখ্যক প্যাঁচ দিয়ে তৈরি করা হয়। সেজন্য অ্যামিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স নিম্নমানের হয়।

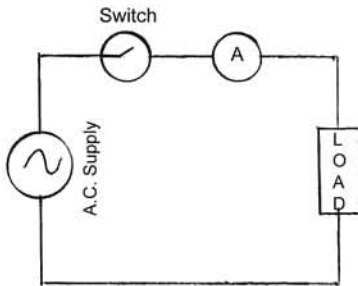
উদ্দেশ্য:

১. অ্যামিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. অ্যামিটারের সংযোগ তৈরি এবং এসি সার্কিটের কারেন্ট পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. ডিসি সার্কিটে ডিসি কারেন্ট পরিমাপকরণ।

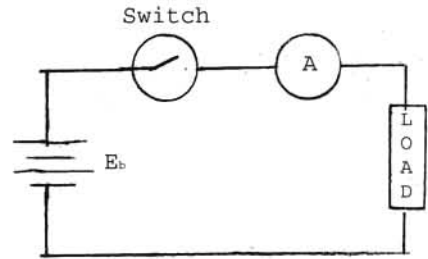
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

এসি ও ডিসি অ্যামিটার 250V, 6A, বৈদ্যুতিক বাস 60w, 250V, ফ্রেজিবল ওয়্যার 23/0.076" পরিমাপমতো, ইনসুলেটিং ট্যাপ পরিমাপমতো, ওয়ান-ওয়ে সুইচ 250V, 6A.

সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন:



১নং সার্কিট



২নং সার্কিট

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টোর ইন-চার্জের কাছ থেকে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়্যারিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী বিভিন্ন কম্পোনেন্টের সাহায্যে সার্কিট গঠন করতে হবে।
৪. অ্যামিটারকে লাইনের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।
৫. ১নং সার্কিটে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিয়ে সার্কিটের সুইচ অন করতে হবে।
৬. অ্যামিটারের পাঠ সূক্ষ্মভাবে নিয়ে ডাটা টেবিলে লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৭. ২নং সার্কিটে ডিসি সরবরাহ দিয়ে সার্কিটের সুইচ অন করতে হবে।

৮. অ্যামিটারের পাঠ সূক্ষ্মভাবে নিয়ে ডাটা টেবিলে লিপিবদ্ধ করতে হবে।
 ৯. সরবরাহ বিচ্ছিন্ন করে সার্কিটের বিভিন্ন কম্পোনেন্ট খুলে স্টোর ইন-চার্জের কাছে জমা দিতে হবে।
 ১০. কাজ শেষে ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করতে হবে।

ডাটা টেবিল-১

ক্রমিক নং	এসি অ্যামিটারের পাঠ	মন্তব্য
1.	0.2A	

ডাটা টেবিল-২

ক্রমিক নং	ডিসি অ্যামিটারের পাঠ	মন্তব্য
1.	25mA	

মন্তব্য: অ্যামিটারের সাহায্যে এসি সার্কিটের কারেন্ট পরিমাপ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-৫

জবের নাম: ভোল্টমিটারের সাহায্যে সার্কিটের ভোল্টেজ পরিমাপকরণ।

তত্ত্ব: পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহে যে চাপের সৃষ্টি হয় তাকে ভোল্টেজ বলে। আর যে যন্ত্রের সাহায্যে সার্কিটের ভোল্টেজ সরাসরি ভোল্ট এককে পরিমাপ করা যায়, তাকে ভোল্টমিটার বলে। ভোল্টমিটারের কয়েল চিকন তারের অধিকসংখ্যক প্যাঁচ দিয়ে তৈরি করা হয়। সেজন্য ভোল্টমিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিস্ট্যান্স খুব বেশি হয়।

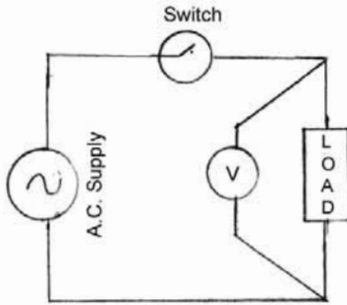
উদ্দেশ্য:

১. ভোল্টমিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ভোল্টমিটারের সংযোগ তৈরি এবং এসি সার্কিটের ভোল্টেজ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন।
৩. ডিসি সার্কিটে ডিসি ভোল্টেজ পরিমাপকরণ।

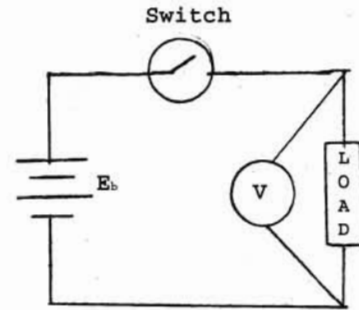
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

এসি ও ডিসি ভোল্টমিটার 250V, বৈদ্যুতিক বাস 60w, 250V, ফ্রেজিবল ওয়্যার 23/0.076" পরিমাণমতো, ইনসুলেটিং ট্যাপ পরিমাণমতো, ওয়ান-ওয়ে সুইচ 250V, 6A.

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



১নং সার্কিট



২নং সার্কিট

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টোর ইন-চার্জের কাছ থেকে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়্যারিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী বিভিন্ন কম্পোনেন্টের সাহায্যে সার্কিট গঠন করতে হবে।
৪. ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৫. ১নং সার্কিটে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিয়ে সার্কিটের সুইচ অন করতে হবে।

৬. ভোল্টমিটারের পাঠ সূক্ষ্মভাবে নিয়ে ডাটা টেবিলে লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৭. ২নং সার্কিটে ডিসি সরবরাহ দিয়ে সার্কিটের সুইচ অন করতে হবে।
৮. ভোল্টমিটারের পাঠ সূক্ষ্মভাবে নিয়ে ডাটা টেবিলে লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৯. সরবরাহ বিচ্ছিন্ন করে সার্কিটের বিভিন্ন কম্পোনেন্ট খুলে স্টোর ইন-চার্জের কাছে জমা দিতে হবে।
১০. কাজ শেষে ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করতে হবে।

ডাটা টেবিল-১

ক্রমিক নং	এসি ভোল্টমিটারের পাঠ	মন্তব্য
1.	210V	

ডাটা টেবিল-২

ক্রমিক নং	ডিসি ভোল্টমিটারের পাঠ	মন্তব্য
1.	12V	

মন্তব্য: ভোল্টমিটারের সাহায্যে এসি সার্কিটের ভোল্টেজ পরিমাপ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-৬

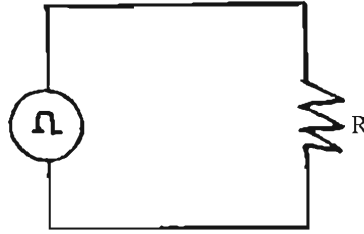
জবের নাম: সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স পরিমাপকরণ।

তত্ত্ব: পরিবাহীর মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহের যে বাধা তাকে রেজিস্ট্যান্স বলে। ওহম মিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা হয়। ওহম মিটারকে লোডের সাথে প্যারালালে সংযোগ করা হয়।

উদ্দেশ্য:

১. ওহম মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. শ্রেনির প্রশিক্ষকের মার্কীর বোর্ডে অঙ্কন করা চিত্রটি খাতায় লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৩. ওয়ার্কিং বোর্ডে রঙিন পেন্সিল দিয়ে চিত্রটি অঙ্কন করতে হবে।
৪. চিত্র অনুযায়ী ওয়ার্কিং বোর্ডে পর্যায়ক্রমিকভাবে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৫. সার্কিটে সরবরাহ না দিয়ে ওহম মিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্সের পাঠ খাতায় লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৬. কাজ শেষে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দিতে হবে।
৭. ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করতে হবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	ওহম মিটারের পাঠ	মন্তব্য
1.	100Ω	
2.	150Ω	
3.	180Ω	

মন্তব্য: সার্কিটের রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করতে পারবে।

জব নং-৭

জবের নাম: অ্যাভোমিটার ব্যবহারে দক্ষতা অর্জন।

তত্ত্ব: অ্যাভোমিটার এক ধরনের বৈদ্যুতিক পরিমাপক যন্ত্র, যার সাহায্যে এসি ও ডিসি কারেন্ট, এসি ও ডিসি ভোল্টেজ, রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়।

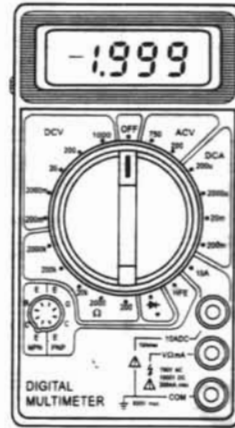
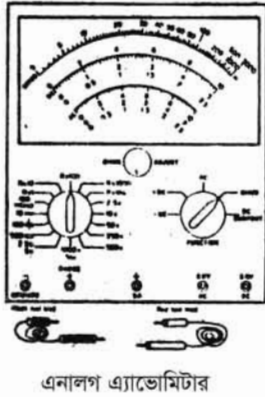
উদ্দেশ্য:

১. অ্যাভোমিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. অ্যাভোমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স, কারেন্ট ও ভোল্টেজ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

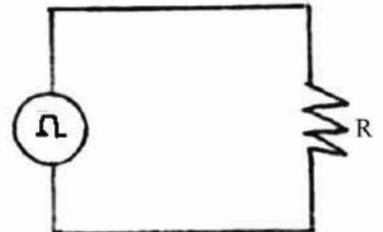
কমিশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, স্টার ও কানেকটিং জু-ড্রাইভার, অ্যাভোমিটার, নিম্ন টেস্টার, ব্যাটারি, প্রয়োজনীয় তার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

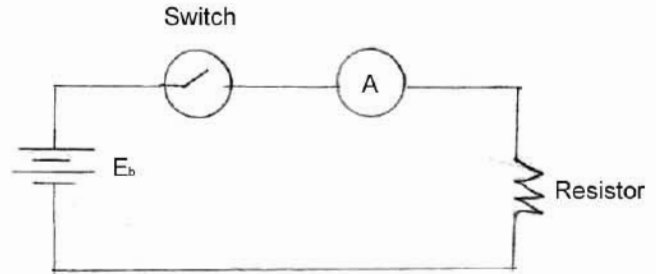
১. স্টার ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করতে হবে।
২. অ্যাভোমিটারের ব্যাটারি ঠিক আছে কি-না, তা পরীক্ষা করার জন্য এর দুই টার্মিনাল শর্ট করে শূন্য (0) পজিশনে দেখতে হবে।
৩. রেঞ্জ সিলেকশনের ক্ষেত্রে সবসময় সর্বোচ্চ রেঞ্জে রাখতে হবে। মিটার ব্যবহার করার সময় রেঞ্জ প্রয়োজন মতো কমিয়ে পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
৪. অ্যাভোমিটারের কাটা শূন্য পজিশনে না থাকলে উপরের অ্যাডজাস্টিং নব জু-ড্রাইভারের সাহায্যে ঘুরিয়ে শূন্য (0) পজিশনে আনতে হবে।



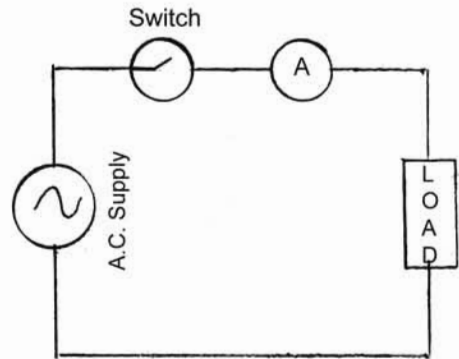
অ্যামিটারের বিভিন্ন ব্যবহার নিয়ে দেয়া হলো -

রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ: কালো জ্যাকটি কমন (Com) টার্মিনালে এবং লাল জ্যাকটি ভোল্টেজ/ওহম (V/Ω) টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে। সিলেক্টর নবটি রেজিস্ট্যান্স রেঞ্জে সিলেক্ট করে ১নং চিত্রের আড়াআড়ি সংযোগ করতে হবে। যদি রেজিস্ট্যান্সের মান কম হয়, তবে কম রেঞ্জে এবং বেশি হলে সর্বোচ্চ রেঞ্জে সিলেক্ট করতে হবে। ফলে ফেলে কাটাটি যে রিডিং দিয়ে, তা দেখে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করতে হবে।

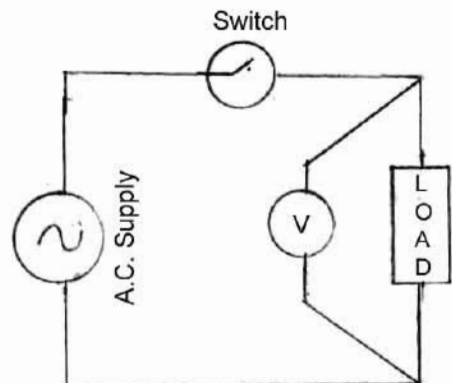
ডিসি কারেন্ট পরিমাপ: মিটারের কালো জ্যাকটি কমন (Com) টার্মিনালে এবং লাল জ্যাকটি কারেন্ট/মিলি কারেন্ট (A/ma) টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে। সিলেক্টর নবটি D/C (-) কারেন্ট রেঞ্জে সিলেক্ট করে ২নং সার্কিটে লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে। ডিসি কারেন্টের মান কম হলে কম রেঞ্জে এবং কারেন্টের মান বেশি হলে বেশি রেঞ্জে সিলেক্ট করতে হবে। মিটার ফেলে কাটাটি যে রিডিং দিবে, তা দেখে ডিসি কারেন্ট পরিমাপ করতে হবে।



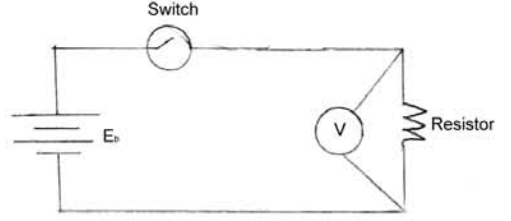
এসি কারেন্ট পরিমাপ: মিটারের কালো জ্যাকটি কমন (Com) টার্মিনালে এবং লাল জ্যাকটি কারেন্ট/মিলি কারেন্ট (A/ma) টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে। সিলেক্টর নবটি A/C (~) কারেন্ট রেঞ্জে সিলেক্ট করে ৩নং সার্কিটের লোডের সাথে সিরিজে সংযোগ করে সার্কিটের সুইচ অন করলে মিটার ফেলে কাটাটি ঘোরে পাঠ দিবে। মিটারের রিডিং দেখে এসি কারেন্ট পরিমাপ করা যাবে।



এসি ভোল্টেজ পরিমাপ: মিটারের কালো জ্যাকটি কমন (Com) টার্মিনালে এবং লাল জ্যাকটি ভোল্টেজ টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে। সিলেক্টর নবটি A/C (~) ভোল্টেজ রেঞ্জে সিলেক্ট করে মিটারের নিউট্রাল টার্মিনাল (red) সার্কিটের ফেজ তারের সাথে এবং কমন টার্মিনাল (Com) নেগেটিভ তারের সাথে প্যারাললে সংযোগ করে সুইচ অন করলে মিটার ফেলের ডায়ালের উপর কাটা পাঠ দেবে। মিটার বিড়ি হতে এসি ভোল্টেজ পরিমাপ করা যাবে।



ডিসি ভোল্টেজ পরিমাপ: মিটারের কালো জ্যাকটি কমন (Com) টার্মিনালে এবং লাল জ্যাকটি ভোল্টেজ টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে। সিলেক্টর নবটি D/C (-) ভোল্টেজ রেঞ্জে সিলেক্ট করে মিটারের পজিটিভ টার্মিনাল সার্কিটের ফেজ তারের সাথে এবং কমন টার্মিনাল (Com) নেগেটিভ নিউট্রাল তারের সাথে প্যারাললে সংযোগ করে সুইচ চালু করলে মিটার স্কেলের ডায়ালের উপর কাটা ঘোরে পাঠ দেবে। সে পাঠ থেকে ডিসি ভোল্টেজ পরিমাপ করা যাবে।



সাবধানতা:

১. অ্যাভোমিটারের ব্যাটারি ঠিক আছে কি-না, তা পরীক্ষা করে শূন্য অবস্থায় আনতে হবে।
২. অ্যাভোমিটারে সাহায্যে পাঠ খাড়াভাবে নিতে হবে।
৩. টার্মিনাল সংযোগের ক্ষেত্রে সঠিকতা নিশ্চিত হতে হবে।
৪. নির্ধারিত মানের জন্য সিলেক্টর নব সঠিক জায়গায় সেট করতে হবে।

মন্তব্য: অ্যাভোমিটারের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ, রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-৮

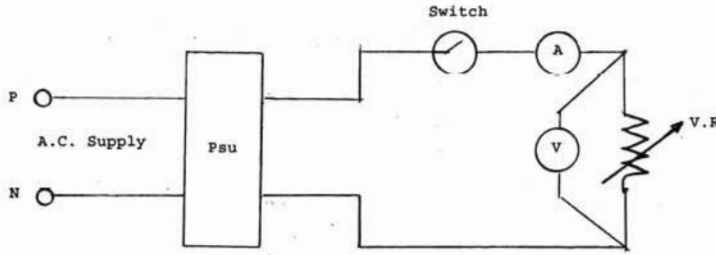
জবের নাম: ওহমের সূত্রের সত্যতা যাচাইকরণ।

তত্ত্ব: নির্দিষ্ট তাপমাত্রায় কোনো পরিবাহীর মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তা প্রয়োগকৃত ভোল্টেজের সমানুপাতিক। অর্থাৎ $I = V/R$ এখানে সার্কিটের ভোল্টেজ বাড়লে কারেন্ট বাড়বে এবং ভোল্টেজ কমলে কারেন্ট কমবে। রেজিস্ট্যান্স কমলে কারেন্ট বাড়বে এবং কারেন্ট বাড়লে রেজিস্ট্যান্স কমবে।

উদ্দেশ্য:

১. ভ্যারিয়েবল রেজিস্টার, অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ওহমের সূত্রের সত্যতা যাচাই করার দক্ষতা অর্জন।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	ভোল্টমিটারের পাঠ (V_t)	অ্যামিটারের পাঠ (I_t)	রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ $R_t = \frac{V_t}{I_t}$	মন্তব্য

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখবে।
২. ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রঙিন পেন্সিল দিয়ে সার্কিট চিত্র অঙ্কন করবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী পর্যায়ক্রমিকভাবে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. অ্যামিটারকে পজেটিভ তারের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।
৫. ভোল্টমিটারকে ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্সের আড়াআড়ি সংযোগ করতে হবে।
৬. সুইচ পজেটিভ তারের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।

৭. ডিসি পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিটের পজিটিভ টার্মিনালের সাথে সার্কিটের পজিটিভ তার এবং নেগেটিভ টার্মিনালের সাথে সার্কিটের নেগেটিভ তার সংযোগ করতে হবে।
৮. পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিটের প্লাগ সুইচ বোর্ডের সকেটের সাথে সংযোগ করতে হবে।
৯. সার্কিটের সুইচ চালু করে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
১০. পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিটের ভোল্টেজ কম/বেশি করে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
১১. ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স কম/বেশি অ্যাডজাস্ট করে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
১২. অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করতে হবে।
১৩. সার্কিটের সুইচ অফ করে ডিসি পাওয়ার সাপ্লাইয়ের কানেকশন খুলে ফেলতে হবে।
১৪. সার্কিটের কম্পোনেন্ট খুলে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দিতে হবে।
১৫. ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করতে হবে।

মন্তব্য: ওহমের সূত্র প্রয়োগ করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করা যাবে।

জব নং-৯

জবের নাম: সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নিরূপণ।

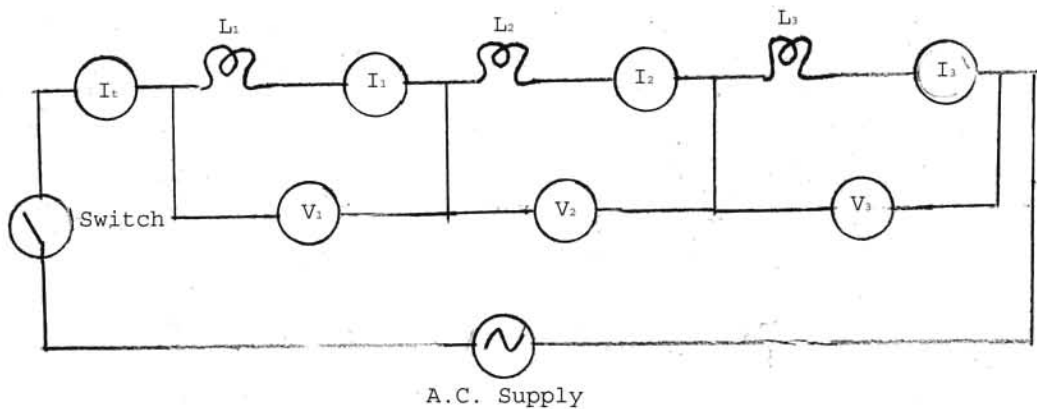
তথ্য: যে সার্কিটে কতগুলো বাতি একটার পর একটা সংযোগ করা হয় এবং কারেন্ট চলাচলের একটিমাত্র পথ থাকে তাকে সিরিজ সার্কিট বলে। সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো -

১. সিরিজ সার্কিটে মোট রেজিস্ট্যান্সের সবগুলো রেজিস্ট্যান্সের যোগফলের সমান। অর্থাৎ, $R_t = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$.
২. সার্কিটের মোট সরবরাহ ভোল্টেজ শাখা রেজিস্টরগুলোর আড়াআড়ি ভোল্টেজের যোগফলের সমান। অর্থাৎ, $V_t = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n$.
৩. সার্কিটের মোট কারেন্ট প্রতিটি রেজিস্টরের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের সমান। অর্থাৎ, $I_t = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$.
৪. সার্কিটে সরবরাহের একটি বাতির ফিলামেন্ট কেটে গেলে বাকি বাতিগুলো জ্বলবে না।

উদ্দেশ্য:

১. ভোল্টমিটার এবং অ্যামিটারের সাথে পরিচিতি ও সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন।
২. সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাই করার দক্ষতা অর্জন।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	সরবরাহ ভোল্টেজ	$V_t = V_1 + V_2 + V_3$				$I_t = I_1 = I_2 = I_3$				$R_t = R_1 + R_2 + R_3$				মন্তব্য
		V_1	V_2	V_3	V_t	I_1	I_2	I_3	I_t	R_1	R_2	R_3	R_t	
1	223	9	3	9	22	0.1	0.1	0.1	0.1	593.7	218.7	581.2	1393.7	
		5	5	3	3	6	6	6	6	5	5	5	5	

রেজিস্ট্যান্স হিসাব:

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{95}{0.16} = 593.75\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{35}{0.16} = 218.75\Omega$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{93}{0.16} = 581.25\Omega$$

$$\therefore R_t = 593.75 + 218.75 + 581.25 = 1393.75\Omega$$

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. বোর্ডে সিরিজ সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. এসি ভোল্টমিটার ও এসি অ্যামিটার বাছাই করতে হবে।
৪. ওহম মিটার দিয়ে ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারগুলো ঠিক আছে কী-না যাচাই করতে হবে।
৫. যে কোনো মানের তিনটি বাতি নিতে হবে এবং ওহম মিটার দিয়ে বাতির ফিলামেন্ট ঠিক আছে কী-না চেক করতে হবে।
৬. চিত্র অনুসারে পর্যায়ক্রমিকভাবে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৭. সুইচের মাধ্যমে সার্কিটে এসি পাওয়ার সরবরাহ দিতে হবে।
৮. সার্কিটের ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারগুলোর পাঠ ডাটা টেবিলে লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৯. ভোল্টমিটার ও অ্যামিটার পাঠ হতে প্রতিটি রেজিস্টরের মান নির্ণয় করতে হবে।
১০. সার্কিটের এসি পাওয়ার সাপ্রাই অফ করে সার্কিটের সংযোগ খুলে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দিতে হবে।
১১. ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করতে হবে।

মন্তব্য: সিরিজ সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নিরূপণ করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করা যাবে।

জব নং-১০

জবের নাম: প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নিরূপণ।

ভাব্য: যে সার্কিটে কতগুলো বাতির প্রথম প্রান্তগুলো একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে এবং দ্বিতীয় প্রান্তগুলো অপর একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগ করা হয় এবং কারেন্ট চলাচলের একাধিক পথ থাকে তাকে প্যারালাল সার্কিট বলে। প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো -

১. প্যারালাল সার্কিটের সাথে সংযুক্ত প্রতিটি রেজিস্টরের মান উল্টোভাবে যোগ করলে যে যোগফল হবে তা মোট সমতুল্য রেজিস্ট্যান্সের বিপরীত মানের সমান।

$$\text{অর্থাৎ, } \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

২. প্যারালাল সার্কিটে প্রতিটি রেজিস্টরের মধ্য দিয়ে যে ভোল্টেজ প্রবাহিত হয় তা সরবরাহ ভোল্টেজের সমান।

$$\text{অর্থাৎ, } V_t = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n$$

৩. প্যারালাল সার্কিটের মোট কারেন্ট প্রতিটি রেজিস্টরের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের যোগফলের সমান। অর্থাৎ,

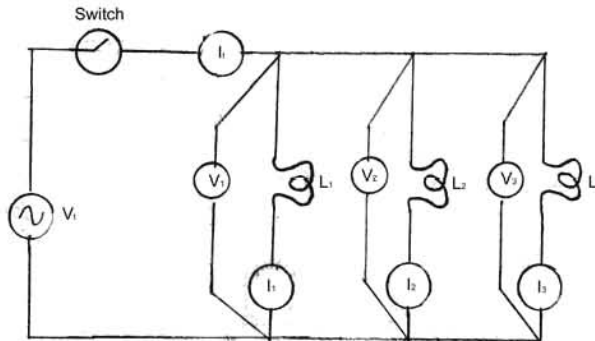
$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

৪. প্যারালাল সার্কিটে একটি বাতির ফিলামেন্ট কেটে গেলে অন্য বাতিগুলো পূর্বের ক্ষমতা অনুযায়ী জ্বলবে।

উদ্দেশ্য:

১. ভোল্টমিটার, ওহমমিটার এবং অ্যামিটারের সাথে পরিচিত হওয়া ও সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন।
২. প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাই করার দক্ষতা অর্জন।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. বোর্ডে প্যারালাল সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. এসি ভোল্টমিটার ও এসি অ্যামিটার বাছাই করতে হবে।

৪. ওহম মিটার দিয়ে ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারগুলো ঠিক আছে কী-না চেক করতে হবে।
৫. যে কোনো মানের তিনটি বাতি নিতে হবে এবং ওহম মিটার দিয়ে বাতিগুলোর ফিলামেন্ট ঠিক আছে কী-না চেক করতে হবে।
৬. চিত্র অনুযায়ী পর্যায়ক্রমিকভাবে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৭. সুইচের মাধ্যমে সার্কিটে এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৮. সার্কিটের ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারগুলোর পাঠ নিচের ডাটা টেবিলের লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৯. ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারগুলোর পাঠ হতে প্রতিটি রেজিস্টরের পাঠ নিতে হবে।
১০. সার্কিটের এসি সাপ্লাই অফ করে সার্কিটের সংযোগ খুলে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দিতে হবে।
১১. ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করতে হবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	সরবরাহ ভোল্টেজ	$V_1 = V_2 = V_3 = V_t$				$I_t = I_1 + I_2 + I_3$				$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$				মন্ত ব্য
1	227V	V_1	V_2	V_3	V_t	I_1	I_2	I_3	I_t	R_1	R_2	R_3	R_t	
		127	227	227	227	.42	.26	.3	.98	540.48	573.08	756.67	227.27	

রেজিস্ট্যান্স হিসাব:

$$R_1 = \frac{V_1}{I_1} = \frac{227}{0.42} = 540.48\Omega$$

$$R_2 = \frac{V_2}{I_2} = \frac{227}{0.26} = 873.08\Omega$$

$$R_3 = \frac{V_3}{I_3} = \frac{227}{0.3} = 756.67\Omega$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{540.45} + \frac{1}{873.08} + \frac{1}{756.67}$$

$$= 0.0019 + 0.0012 + 0.0013$$

$$= 0.0044$$

$$\therefore R_t = \frac{1}{0.0044}$$

$$= 227.27\Omega$$

মন্তব্য: প্যারালাল সার্কিটের বৈশিষ্ট্য নির্ণয় করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করা যাবে।

অব নং-১১

অবের নাম: ক্যাপাসিটর গ্রুপিং ও ক্যাপাসিটর পরীক্ষাকরণ।

তত্ত্ব:

১. দুটো প্যারালাল পরিবাহীর মাঝে কোনো অপরিবাহী পদার্থ দ্বারা পৃথক করলে যে যান্ত্রিক ডিভাইস তৈরি হয় তাকে ক্যাপাসিটর বলে।
২. ক্যাপাসিটরের বিদ্যুৎ শক্তি ধারণ করার ক্ষমতাকে ক্যাপাসিট্যান্স বলে।
৩. যদি কতকগুলো একটার পর একটা প্রথম ক্যাপাসিটরের প্রথম প্রান্ত খোলা রেখে দ্বিতীয় প্রান্ত দ্বিতীয় ক্যাপাসিটরের প্রথম প্রান্তের সাথে এভাবে পরপর সংযোগ করে ক্যাপাসিটরের যে গ্রুপিং করা হয়, তাকে ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ বলে।
৪. যখন একাধিক ক্যাপাসিটরের প্রথম প্রান্তগুলো একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে এবং ক্যাপাসিটরের দ্বিতীয় প্রান্তগুলো অপর এক নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগ করে যে গ্রুপিং করা হয় তাকে ক্যাপাসিটরের প্যারালাল সংযোগ বলে।
৫. ক্যাপাসিটর সিরিজ অথবা প্যারালালে সংযোগ করে ক্যাপাসিটর গ্রুপিং করা যায়।
৬. সিরিজ ল্যাম্প ও জু ড্রাইভার দিয়ে টেস্ট করে ক্যাপাসিটর ভালো বা মন্দ নির্ণয় করা যায়।

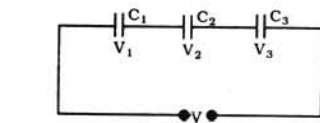
উদ্দেশ্য:

১. ক্যাপাসিটর পরীক্ষা করার দক্ষতা অর্জন।
২. কতকগুলো ক্যাপাসিটর সিরিজে অথবা প্যারালালে সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন।
৩. ক্যাপাসিটরের ক্যাপাসিট্যান্স পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন।

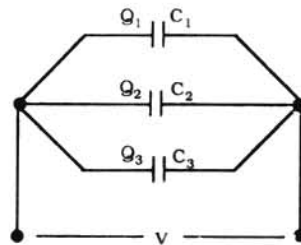
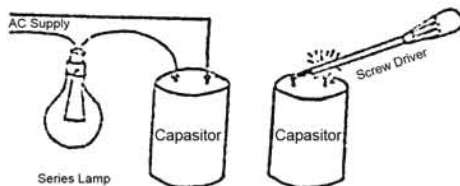
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, তার 3/0.029", ক্যাপাসিটর, সিরিজ ল্যাম্প, মাল্টিমিটার।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



ক্যাপাসিটরের সিরিজ সংযোগ



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. প্রতিটি ক্যাপাসিটর ভালো না খারাপ তা সিরিজ ল্যাম্পের সাথে প্যারাললে সংযোগ করে এসি সরবরাহ দিয়ে এবং ক্যাপাসিটর খুলে এবং ক্যাপাসিটরের দুই টার্মিনাল জু ডাইভার দিয়ে ক্যাপাসিটর যদি ভালো হয় তবে স্পার্ক করবে আর যদি ক্যাপাসিটর যদি খারাপ হয় তাহলে স্পার্ক করবে না। এভাবে ক্যাপাসিটর ভালো না খারাপ নির্ণয় করা যাবে।
৪. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ক্যাপাসিটর সিরিজ অথবা প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৫. ক্যাপাসিটরের ভোল্টেজ এবং কারেন্ট পরিমাপ করতে হবে।
৬. ভোল্টেজ এবং ক্যাপাসিট্যান্সের মান দিয়ে ক্যাপাসিটরের চার্জ পরিমাপ করতে হবে।
৭. সার্কিটের সুইচ বন্ধ করে সংযোগ বিচ্ছিন্ন করতে হবে।
৮. স্টোরে যন্ত্রপাতি ও মালামাল জমা দিতে হবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	Q1 এর পাঠ	Q2 এর পাঠ	Q এর পাঠ	মন্তব্য

সাবধানতা:

১. সংযোগগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
২. ক্যাপাসিটরগুলো ঠিকভাবে কানেকশন দিতে হবে।
৩. ভোল্টমিটার এবং অ্যামিটারের পাঠ ঠিকভাবে নিতে হবে।
৪. ভোল্টমিটারকে লোডের সাথে প্যারালল আর অ্যামিটারকে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।

মন্তব্য: ক্যাপাসিটর টেস্ট এবং বিভিন্ন সংযোগ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-১২

জবের নাম: চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ চিহ্নিতকরণ।

তথ্য: যে পদার্থের আকর্ষণ ও দিকদর্শী ধর্ম বিদ্যমান থাকে এবং সুতা দ্বারা মুক্তভাবে ঝুলিয়ে দিলে সর্বদা উত্তর ও দক্ষিণ দিকে মুখ করে থাকে তাকে চুম্বক বলে। আর যে সকল পদার্থ চুম্বকের সাহায্যে আকর্ষিত ও বিকর্ষিত হয় এবং যাদেরকে চুম্বকে পরিণত করা যায় তাকে চৌম্বক পদার্থ বলে।

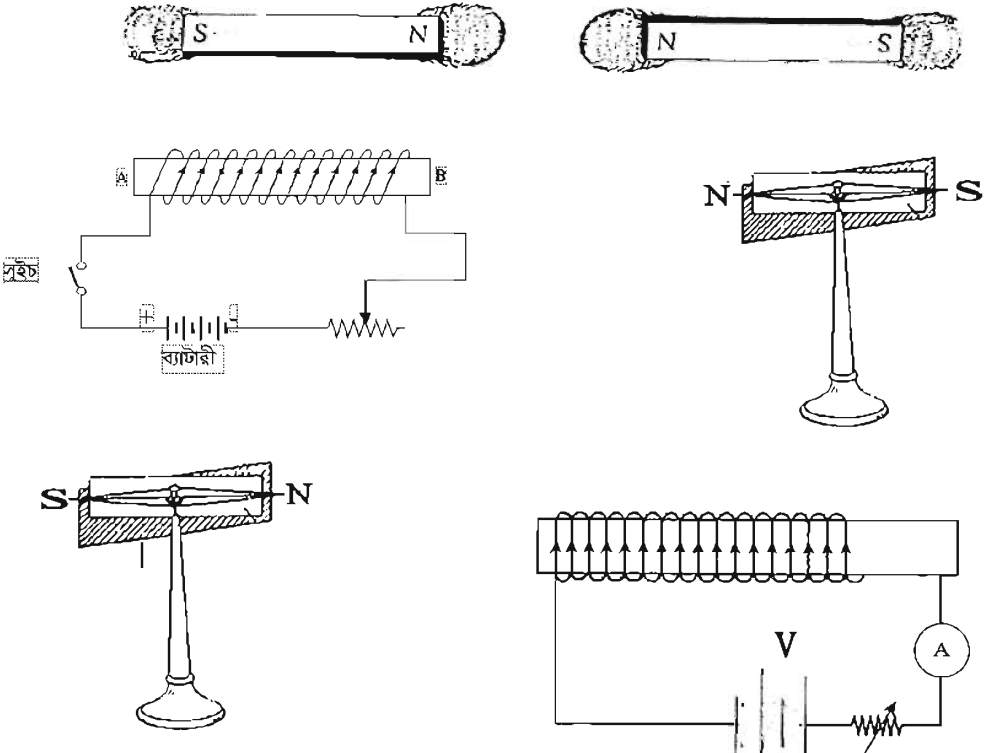
উদ্দেশ্য:

১. চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ শনাক্ত করা।
৩. অস্থায়ী চুম্বক তৈরিকরণ।
৪. চুম্বকের মেরু চিহ্নিতকরণ।
৫. চুম্বক মেরু পরিবর্তনকরণ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

চুম্বক দণ্ড, লোহা, ইস্পাত, অ্যালুমিনিয়াম, দস্তা, সীসা, ব্যাটারি, ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স, কাচা লৌহ দণ্ড, সুপার এনামেল কপার ওয়্যার, সুইচ, কম্বিনেশন প্লায়ার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, তার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে সংগ্রহ করতে হবে।
২. দুটি চুম্বকের সমধর্মী দুটি প্রান্ত যদি কাছাকাছি বিকর্ষণ করে এবং বিপরীতধর্মী দুটি প্রান্ত নিকটে আনলে দেখা যাবে এরা পরস্পরকে আকর্ষণ করে। এ থেকে চুম্বক চেনা যাবে।
৩. যদি চৌম্বক পদার্থ চুম্বকের প্রভাবে খুব বেশি আকর্ষণ, নগণ্য আকর্ষণ এবং বিকর্ষণ হয় এবং চৌম্বক পদার্থ দ্বারা চৌম্বক পদার্থ আকর্ষণ অথবা বিকর্ষণ হয় না। এ থেকে চৌম্বক পদার্থ চেনা যাবে।
৪. কাচা লৌহ দণ্ডকে সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দ্বারা প্যাঁচিয়ে সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ডিসি ভোল্টেজ সরবরাহ দিলে সুইচ চালু করলে লৌহ দণ্ডটি চুম্বকে পরিণত হবে। কারেন্ট প্রবাহের দিক অনুসারে অস্থায়ী চুম্বকের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু নির্ণয় করা যাবে। কারেন্ট যে দিকে প্রবাহিত হয় সেদিক হবে দক্ষিণ মেরু এবং কারেন্টের বিপরীত দিক হবে উত্তর মেরু।
৫. সার্কিটের ব্যাটারির টার্মিনাল পরিবর্তন করে দিলে চুম্বকের মেরুর দিক পরিবর্তন হবে।
৬. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোরে জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. কয়েল প্যাঁচানোর সময় তার যাতে ছিঁড়ে না যায়, সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।
২. সুইচ অফ পজিশনে রেখে ব্যাটারি সংযোগ করতে হবে।

মন্তব্য: চুম্বক ও চৌম্বক পদার্থ চিহ্নিতকরণ, অস্থায়ী চুম্বক তৈরিকরণ, মেরু নির্ণয় ও মেরুর দিক পরিবর্তন করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১৩

জবের নাম: ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের প্রতিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ।

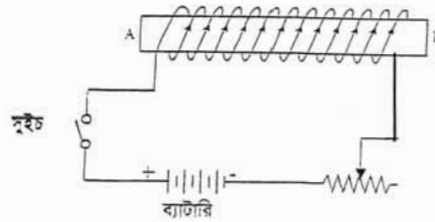
ভূত্ব: ইংল্যান্ডের বিজ্ঞানী মাইকেল ফারাড ১৮৩১ সালে সর্বপ্রথম চৌম্বকক্ষেত্র দ্বারা বিদ্যুৎপ্রবাহ সৃষ্টি করা যায় তা আবিষ্কার করেন। তাই একে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন বা বিদ্যুৎ চৌম্বকীয় আবেশ বলে। ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের জন্য যে প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি হয় তাকে, ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের প্রতিক্রিয়া বলে।

উদ্দেশ্য:

১. কাচা লৌহদণ্ডের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. লৌহদণ্ডটি অস্থায়ী চুম্বকে অর্জন পরিণত করার দক্ষতা অর্জন।
৩. ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের প্রতিক্রিয়া পর্যবেক্ষণকরণ।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি: কন্ট্রোল, প্রায়ার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, কাচা লৌহ দণ্ড, সুপার এনামেল কপার ওয়্যার, ব্যাটারি, ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স, সুইচ, লৌহ গুঁড়া, প্রয়োজনীয় তার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করতে হবে।
২. কাচা লৌহ দণ্ডটিতে সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দিয়ে প্যাঁচাতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সংযোগ তৈরি করতে হবে।
৪. সার্কিটের সুইচ চালু করে লৌহদণ্ডে লৌহ গুঁড়া দিলে দেখা যাবে লৌহ গুঁড়াগুলোকে আকর্ষণ করছে এবং লৌহদণ্ডটি চুম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি করছে। ফলে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন প্রতিক্রিয়া লক্ষ্য করা যাবে।

সাবধানতা:

১. কয়েল প্যাঁচানোর সময় লক্ষ্য রাখতে হবে, যাতে ছিঁড়ে না যায়।
২. সুইচ বন্ধ করে ব্যাটারি সংযোগ করতে হবে।

মন্তব্য: কাচা লৌহদণ্ডের সাহায্যে অস্থায়ী চুম্বক তৈরি ও ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন প্রতিক্রিয়া পর্যবেক্ষণ করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১৪

জবের নাম: বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থের রেজিস্ট্যান্স ওহমের সূত্রের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপকরণ।

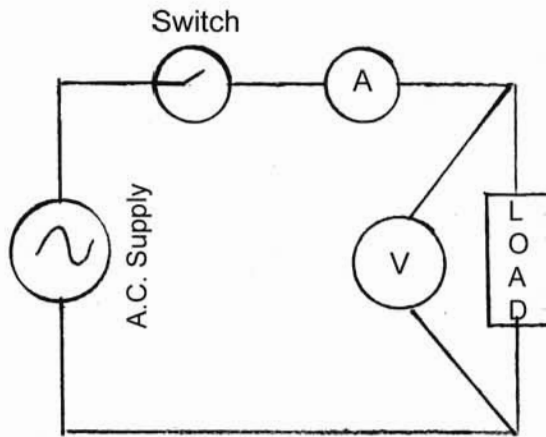
তত্ত্ব: তাপমাত্রা বাড়লে পরিবাহী পদার্থের রেজিস্ট্যান্স বাড়ে এবং তাপমাত্রা কমলে পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স কমে। কারেন্ট প্রবাহের বাধাকে রেজিস্ট্যান্স বলে। কারেন্ট ও ভোল্টেজ পরিমাপ করে ওহমের সূত্রের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করা যায়।

উদ্দেশ্য:

১. বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ, অ্যামিটার, ভোল্ট মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. রেজিস্ট্যান্সের সূত্র প্রয়োগ করে পরিবাহী পদার্থ বা তারের রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে পারবে।
৩. কাজের সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে পারবে।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, কানেকটিং ও স্টার, জু-ডাইভার, নিম্নন টেস্টার, বৈদ্যুতিক বাতি, পেনডেন্ট হোল্ডার, সুইচ, প্রয়োজনীয় তার, সাপ্লাই ইউনিট ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:**পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:**

১. প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে সংগ্রহ করতে হবে।
২. বৈদ্যুতিক বাতির রেজিস্ট্যান্স মান্টি মিটারের সাহায্যে নির্ণয় করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. হোল্ডারে বাতি পরাতে হবে।
৫. সার্কিটে অ্যামিটারকে সিরিজে এবং ভোল্ট মিটারকে লোডের প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।

৬. সার্কিটে এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৭. সার্কিটের সুইচ চালু করে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
৮. ওহমের সাহায্যে মোট রেজিস্ট্যান্স R_t নির্ণয় করতে হবে।
৯. মোট রেজিস্ট্যান্স হতে বাতির রেজিস্ট্যান্স বিয়োগ করে পরিবাহী তারের রেজিস্ট্যান্স নির্ণয় করতে হবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	(R_b)	অ্যামিটারের পাঠ (I_t)	ভোল্টমিটারের পাঠ (V_t)	$R_t = \frac{V_t}{I_t}$	পরিবাহীর রেজিস্ট্যান্স $R = R_t - R_b$	মন্তব্য

সাবধানতা:

১. সুইচ ফেজ তারে সংযোগ করতে হবে।
২. সংযোগগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
৩. বাতিটি ভেঙ্গে না যায়, সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।

মন্তব্য: বিদ্যুৎ পরিবাহী পদার্থ, অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের সাহায্যে রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১৫

জবের নাম: এসি সার্কিটের ফ্রিকুয়েন্সি পরিমাপকরণ।

তত্ত্ব: প্রতি সেকেন্ডে যতগুলো সাইকেল সম্পন্ন হয় তাকে ফ্রিকুয়েন্সি বলে। আর যে যন্ত্রের সাহায্যে এসি সার্কিটের বিদ্যুৎ তরঙ্গ পরিমাপ করা যায়, তাকে ফ্রিকুয়েন্সি মিটার বলে। ফ্রিকুয়েন্সি মিটার লাইনের সাথে প্যারাললে সংযোগ করা হয়।

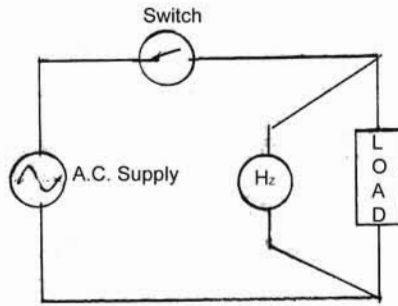
উদ্দেশ্য:

১. ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের সংযোগ তৈরি এবং এসি সার্কিটের বিদ্যুৎ তরঙ্গ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

এসি ফ্রিকুয়েন্সি মিটার 250V, বৈদ্যুতিক বাত 60w, 250V, ফ্রেজিবল ওয়্যার 23/0.076" পরিমাণমতো, ইনসুলেটিং টেপ পরিমাণমতো, ওয়ান-ওয়ে সুইচ 250V, 6A।

সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টোর ইন-চার্জের কাছ থেকে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়্যারিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী বিভিন্ন কম্পোনেন্টের সাহায্যে সার্কিট গঠন করতে হবে।
৪. ফ্রিকুয়েন্সি মিটারকে লোডের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৫. সার্কিটে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিয়ে সার্কিটের সুইচ অন করতে হবে।
৬. ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের পাঠ সূক্ষ্মভাবে নিয়ে ডাটা টেবিলে লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৭. সরবরাহ বিচ্ছিন্ন করে সার্কিটের বিভিন্ন কম্পোনেন্ট খুলে স্টোর ইন-চার্জের কাছে জমা দিতে হবে।
৮. কাজ শেষে ওয়ার্কিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের পাঠ	মন্তব্য
1.	50Hz	

মন্তব্য: ফ্রিকুয়েন্সি মিটারের সাহায্যে এসি সার্কিটের বিদ্যুৎ তরঙ্গ পরিমাপ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-১৬

জবের নাম: ওয়াট মিটারের সাহায্যে এসি সার্কিটের পাওয়ার পরিমাপকরণ।

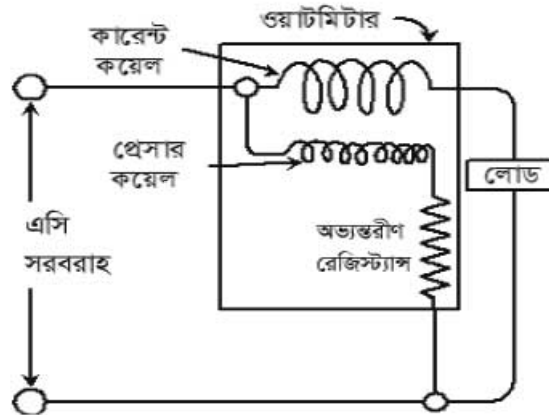
তত্ত্ব: সার্কিটের পাওয়ার পরিমাপ করার জন্য যে মেজারিং ইন্সট্রুমেন্ট ব্যবহার করা হয় তাকে ওয়াট মিটার বলে। এর মধ্যে দুটি কয়েল থাকে -

১. কারেন্ট কয়েল এবং
২. পটেনশিয়াল বা ভোল্টেজ কয়েল।

উদ্দেশ্য:

১. একটি ওয়াট মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ওয়াট মিটারের সংযোগ তৈরি এবং এসি সার্কিটের পাওয়ার পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টোর-ইন-চার্জের কাছ থেকে যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়্যারিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. ওয়্যারিং বোর্ডে সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. এসি সরবরাহ দিয়ে ওয়াট মিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
৫. মেইন সুইচ অফ করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দেই।
৬. ওয়্যারিং টেবিল এবং ওয়ার্কশপ পরিষ্কার করি।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	ওয়াট মিটারের পাঠ	মন্তব্য

মন্তব্য: ওয়াট মিটারের সাহায্যে এসি সার্কিটের পাওয়ার পরিমাপ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

অব নং-১৭

অবের নাম: ক্লিপ অন মিটার ব্যবহারকরণ।

ভবু: যে ইলেকট্রোমিটার সাহায্যে এসি সার্কিটের ভায়ে ক্লাম করে এসি কারেন্ট পরিমাপ করা হয় তাকে ক্লিপ অন মিটার বলে। ক্লিপ অন মিটারের সাহায্যে এসি কারেন্ট, এসি ভোল্টেজ, রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করা যায়।

উদ্দেশ্য:

১. ক্লিপ অন মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ক্লিপ অন মিটার ব্যবহার করার দক্ষতা অর্জন।
৩. ক্লিপ অন মিটারের সাহায্যে পরিবর্তনশীল কারেন্ট, ভোল্টেজ (~) এবং রেজিস্ট্যান্স (Ω) পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন।

প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও উপকরণ:

কন্ডিশন প্রার্স, ইলেকট্রিশিয়ান মাইক, নিম্ন টেস্টার, রেজিস্ট্যান্স, সুইচ, বৈদ্যুতিক বাতি, পেনডেন্ট হোন্ডার, ক্লিপ অন মিটার ও প্রয়োজনীয় তার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



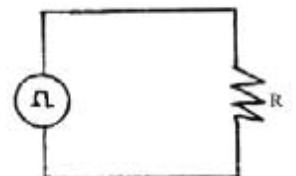
চিত্র: ১৭.১

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করতে হবে।
২. ডিজিটাল ক্লিপ অন মিটার ঠিক আছে কী-না তা দেখার জন্য পাওয়ার সুইচ পুশ করতে হবে।
৩. সিলেক্টের নবটি রেজিস্ট্যান্স রেঞ্জে সিলেক্ট করতে হবে এবং এলসিডি ডিসপ্লে এনালগ মানকে সংখ্যাভিত্তিক বা দশভিত্তিক মানে এক প্রদর্শন করবে। এ থেকে বোঝা যাবে ক্লিপ অন মিটারটি ঠিক আছে।

রেজিস্ট্যান্স পরিমাপকরণ:

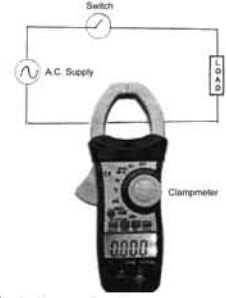
ক্লিপ অন মিটারের কালো জ্যাকটি কমন্স (Com) টার্মিনালে এবং ক্লিপ অন মিটারের



লাল জ্যাকটি ভোল্টেজ/ওহম (V/Ω) টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে। সিলেক্টর নবটি রেজিস্ট্যান্স (V/Ω) রেঞ্জে সিলেক্ট করে ১৭.২নং চিত্রের আড়াআড়ি সংযোগ করলে ডিসপ্লের মাধ্যমে রেজিস্ট্যান্সের মান সংখ্যা রেখায় প্রদর্শন করবে। তা থেকে রেজিস্ট্যান্সের মান নির্ণয় করা যাবে।

এসি কারেন্ট পরিমাপ:

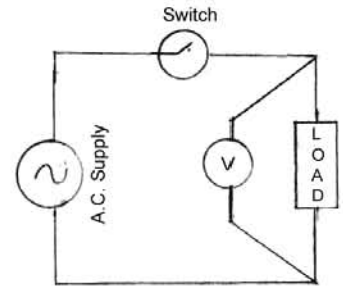
মিটারের সিলেক্টর নব কারেন্ট ($\sim$) রেঞ্জে সিলেক্ট করতে হবে। ১৭.৩ নং চিত্রানুযায়ী যে কোনো তারের মধ্যে ক্ল্যাম্প করে এলসিডি ডিসপ্লের মাধ্যমে সংখ্যাভিত্তিক বা দশভিত্তিক সংখ্যায় এসি কারেন্টের মান প্রদর্শন করবে। তা থেকে এসি কারেন্টের মান পরিমাপ করা যাবে।



এসি ভোল্টেজ পরিমাপ:

ক্লিপ অন মিটারের কালো জ্যাকটি কমন (Com) টার্মিনালে এবং লাল জ্যাকটি এসি ($\sim$) ভোল্টেজ টার্মিনালে সংযোগ করতে হবে।

মিটারের সিলেক্টর নব এসি ($\sim$) ভোল্টেজ রেঞ্জে সিলেক্ট করে মিটারের পজিটিভ টার্মিনাল (Red) ১৭.৪ নং সার্কিটের ফেজ তারের সাথে এবং কমন টার্মিনাল (Com) সার্কিটের নিউট্রাল তারের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে। সার্কিটে এসি সরবরাহ দিয়ে সুইচ চালু করলে এলসিডি ডিসপ্লের মাধ্যমে সংখ্যাভিত্তিক বা দশভিত্তিক সংখ্যায় পাঠ প্রদর্শন করবে। পাঠ থেকে এসি ভোল্টেজ পরিমাপ করতে হবে।



সাবধানতা:

১. টার্মিনাল সংযোগের ক্ষেত্রে সঠিকতা নিশ্চিত হতে হবে।
২. নির্ধারিত মানের জন্য সিলেক্টর নব নির্দিষ্ট স্থানে সেট করতে হবে।
৩. ভোল্টেজ, কারেন্ট, রেজিস্ট্যান্স সর্বোচ্চ মানে সিলেকশন করতে হবে। পরবর্তীতে প্রয়োজনমতো কম রেঞ্জে সিলেক্ট করতে হবে।

মন্তব্য: ক্লিপ অন মিটারের সাহায্যে এসি কারেন্ট, এসি ভোল্টেজ ও রেজিস্ট্যান্স পরিমাপ করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১৮

জবের নাম: সিঙ্গেল ফেজ ও তিন ফেজ এনার্জি মিটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপকরণ।

তত্ত্ব: কাজ করার সামর্থ্যকে এনার্জি বলে। আর বৈদ্যুতিক পাওয়ার যত সময় বিরতিহীনভাবে সার্কিটে কাজ করে, সে সময়ের গুণফলকে বৈদ্যুতিক এনার্জি বলে। বৈদ্যুতিক এনার্জি পরিমাপের জন্য এনার্জি মিটার ব্যবহার করা হয়।

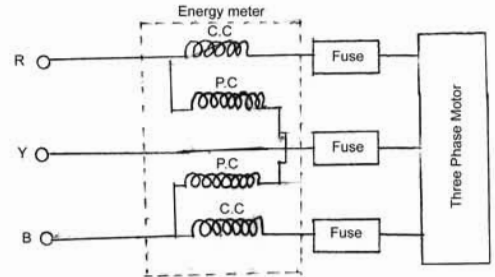
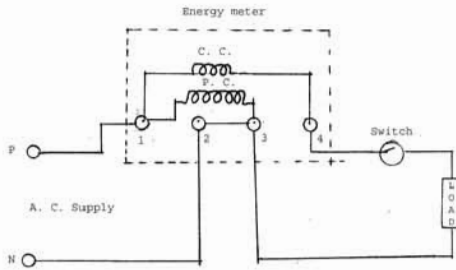
উদ্দেশ্য:

১. সিঙ্গেল ফেজ ও তিন ফেজ এনার্জি মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. সিঙ্গেল ফেজ ও তিন ফেজ এনার্জি মিটার সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. এনার্জি মিটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক সার্কিটের এনার্জি পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি:

কমিশনেশন প্রায়ার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, নিয়ন টেস্টার, কানেক্টর এবং স্টার জু-ড্রাইভার, সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার, তিন ফেজ এনার্জি মিটার, বৈদ্যুতিক বাতি, পেনডেন্ট হোল্ডার প্রয়োজনীয় তার ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটারের পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করতে হবে।
২. সিঙ্গেল ফেজ একটি মিটারের ইনকামিং লাইন ও লোডযুক্ত লাইন চিহ্নিত করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সিঙ্গেল ফেজ এনার্জি মিটার ও বৈদ্যুতিক লোড সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিয়ে মেইন সার্কিট ব্রেকার চালু করতে হবে।
৫. বৈদ্যুতিক লোডের সুইচ অন করতে হবে।
৬. প্রথমে এনার্জি মিটারের পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
৭. দ্বিতীয় ঘণ্টা পর ২য় পাঠ গ্রহণ করতে হবে।
৮. দ্বিতীয় পাঠ হতে প্রথম পাঠ বিয়োগ করে এনার্জি পরিমাপ করা যাবে।

তিন ফেজ এনার্জি মিটারের পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে তিন ফেজ এনার্জি মিটারের ইনকামিং লাইন ও লোডযুক্ত লাইন চিহ্নিত করতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী তিন ফেজ এনার্জি মিটার ও বৈদ্যুতিক লোড সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৩. ইনকামিং লাইনের সার্কিট ব্রেকার অন করে তিন ফেজ সরবরাহ দিতে হবে।
৪. লোডের তিন ফেজ সার্কিট ব্রেকার চালু করে প্রথমে তিন ফেজ এনার্জি পরিমাপ করতে হবে।
৫. এক ঘণ্টা পর পুণরায় দ্বিতীয়বার এনার্জি পরিমাপ করতে হবে।
৬. দ্বিতীয় এনার্জির পাঠ হতে প্রথম এনার্জির পাঠ বিয়োগ করে সার্কিটের তিন ফেজ এনার্জি নির্ণয় করা যাবে।
৭. সিঙ্গেল ফেজ ও তিন ফেজ এনার্জি মিটারের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোরে জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. এনার্জি মিটার সঠিকভাবে সংযোগ করতে হবে।
২. মেইন সার্কিট ব্রেকার বন্ধ করে কাজ করতে হবে।
৩. সংযোগগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।

মন্তব্য: সিঙ্গেল ফেজ ও তিন ফেজ এনার্জি মিটারের সাহায্যে এনার্জি পরিমাপ করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

অব নং-১৯

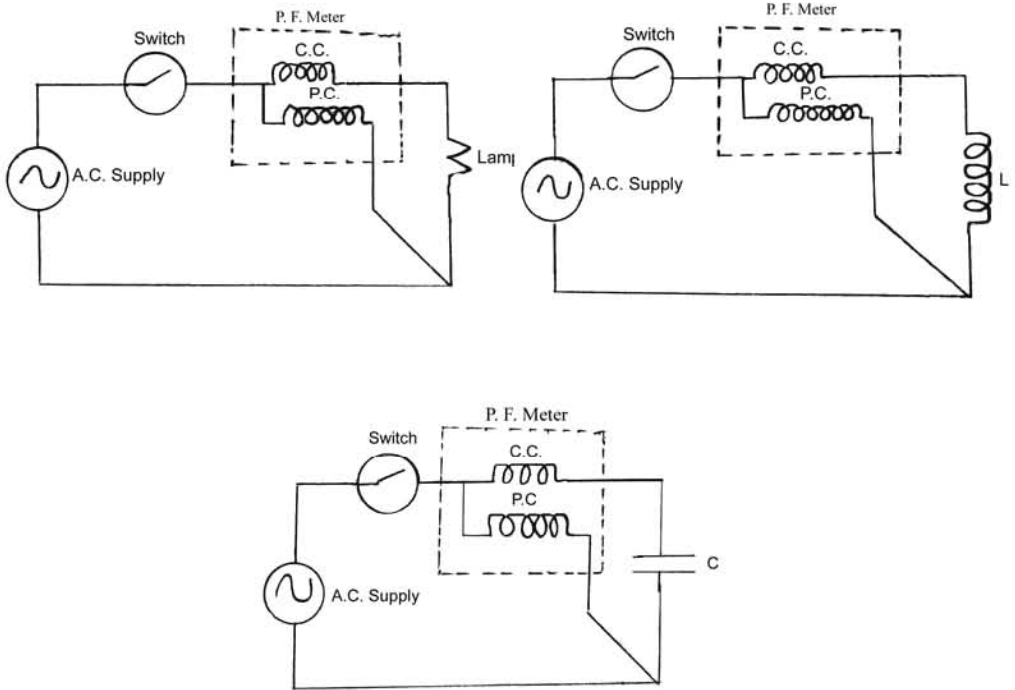
অবের নাম: বিভিন্ন প্রকৃতির লোডের পাওয়ার ফ্যাক্টর পরিমাপকরণ।

ভব্ব: যে সার্কিটে শুধুমাত্র ওহমিক রেজিস্ট্যান্স নিয়ে গঠিত হয় তাকে রেজিস্টিভ সার্কিট বলে। যে সার্কিটে শুধুমাত্র ইন্ডাকটিভ কয়েল থাকে তাকে ইন্ডাকটিভ সার্কিট বলে। আর যে সার্কিটে শুধুমাত্র ক্যাপাসিটর থাকে তাকে ক্যাপাসিটিভ সার্কিট বলে। রেজিস্টিভ সার্কিট পাওয়ার ফ্যাক্টর একক, ইন্ডাকটিভ ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর শূন্য হয়। ফলে সার্কিটের পাওয়ার শূন্য হয়।

উদ্দেশ্য:

- ১। রেজিস্টিভ লোড, ইন্ডাকটিভ লোড ও ক্যাপাসিটিভ লোডের সাথে পরিচিত হওয়া।
- ২। রেজিস্টিভ সার্কিট, ইন্ডাকটিভ সার্কিট ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিট সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন।
- ৩। রেজিস্টিভ সার্কিট, ইন্ডাকটিভ সার্কিট ও ক্যাপাসিটিভ সার্কিট হতে পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয়করণ।
- ৪। বিভিন্ন প্রকৃতির লোড হতে সার্কিটের কারেন্ট ও ভোল্টের মধ্যে ফেজ পার্থক্য নির্ণয়করণ।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও উপকরণ:

কবিনেশন প্রায়ার্স, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, নিয়ন টেস্টার, সিঙ্গেল ফেজ পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার, বৈদ্যুতিক বাব্ব, পেনডেন্ট হোল্ডার কানেকটিং ও স্টার, জু-ড্রাইভার, চোক কয়েল, ক্যাপাসিটর প্রয়োজন মতো তার ইত্যাদি।

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করতে হবে।
২. রেজিস্টিভ সার্কিট / ইন্ডাকটিভ সার্কিট / ক্যাপাসিটিভ সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিটগুলো তৈরি করতে হবে।
৩. সার্কিটের ফেজ তারে সুইচ সংযোগ করতে হবে।
৪. সার্কিটে পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সংযোগ করার সময় কারেন্ট কয়েলকে (C.C) লোডের সাথে সিরিজে এবং প্রেসার কয়েলকে (P.C) লোডের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৫. সার্কিটে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৬. সার্কিটের সুইচ চালু করে প্রত্যেক সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টরের মান নির্ণয় করতে হবে।
৭. প্রত্যেক সার্কিটের পাওয়ার ফ্যাক্টর মান হতে ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে ফেজ পার্থক্য নির্ণয় করতে হবে।
৮. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোরে জমা দিতে হবে।

হিসাব-নিকাশ:

১। রেজিস্টিভ লোডের ক্ষেত্রে,

$$\cos\theta = 1$$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1}1$$

$$= 0^\circ$$

২। ইন্ডাকটিভ লোডের ক্ষেত্রে,

$$\cos\theta = 0$$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1}0$$

$$= 90^\circ$$

৩। ক্যাপাসিটিভ লোডের ক্ষেত্রে,

$$\cos\theta = 0^\circ$$

$$\text{বা, } \theta = \cos^{-1}0$$

$$= 90^\circ$$

রেজিস্টিভ সার্কিটের ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	$\cos\theta$	θ	মন্তব্য
01	1	0°	ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে ফেজ পার্থক্য শূন্য ও পাওয়ার ফ্যাক্টর এক হওয়ায়, $P = VI$ হবে।

ইন্ডাকটিভ সার্কিটের ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	$\cos\theta$	θ	মন্তব্য
01	1	90°	ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে ফেজ পার্থক্য 90° হওয়ায় পাওয়ার শূন্য হয়।

ক্যাপাসিটিভ সার্কিটের ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	$\cos\theta$	θ	মন্তব্য
01	1	90°	কারেন্ট ও ভোল্টেজে মধ্যে ফেজ পার্থক্য 90° হওয়ায় পাওয়ার শূন্য হয়।

সাবধানতা:

১. সুইচ ফেজ তারে সংযোগ করতে হবে।
২. পাওয়ার ফ্যাক্টর মিটার সঠিকভাবে সংযোগ করতে হবে।
৩. সংযোগগুলো শক্তভাবে টাইট দিতে হবে।

মন্তব্য: বিভিন্ন প্রকৃতি লোডের সাথে পরিচিতি, লোড সংযোগ ও পাওয়ার ফ্যাক্টর নির্ণয় করে দক্ষতা অর্জন করতে পারে।

জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১
২য় পত্র

দশম শ্রেণি
তাত্ত্বিক অংশ

প্রথম অধ্যায় বৈদ্যুতিক ল্যাম্প

১.১ বৈদ্যুতিক ল্যাম্পের কাজ

যে ল্যাম্পের ফিলামেন্টের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহ করলে অন্ধকার জায়গা আলোকিত হয়, তাকে বৈদ্যুতিক ল্যাম্প বলে। সুতরাং, আলোর জন্য বিভিন্ন ধরনের ল্যাম্প যেমন: ফিলামেন্ট ল্যাম্প, কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্প, আর্ক ল্যাম্প, টাংস্টেন ল্যাম্প, মার্কারি ডেপার ল্যাম্প, এনার্জি সেভিং ল্যাম্প ইত্যাদি ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়। বৈদ্যুতিক বাতির কাজ বৈদ্যুতিক শক্তিকে আলোকশক্তিতে রূপান্তর করে ঘর-বাড়ি, অফিস-আদালত, কল-কারখানা, হাট-বাজার, রাস্তা-ঘাট, রেল আড়িনা ইত্যাদি স্থানের অন্ধকার জায়গাকে আলোকিত করা।

১.২ বৈদ্যুতিক ল্যাম্পের শ্রেণিবিভাগ

বৈদ্যুতিক ল্যাম্প মূলত তিন প্রকার। যথা -

- (ক) ফিলামেন্ট ল্যাম্প;
- (খ) আর্ক ল্যাম্প এবং
- (গ) গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প।

ফিলামেন্ট ল্যাম্প আবার চার প্রকার। যথা -

- (ক) কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্প;
- (খ) ভ্যাকুয়াম মেটাল ফিলামেন্ট ল্যাম্প;
- (গ) গ্যাসভরা কুণ্ডলিত মেটাল ফিলামেন্ট ল্যাম্প;
- (ঘ) গ্যাসভরা কুণ্ডলিত কুণ্ডলী মেটাল ফিলামেন্ট ল্যাম্প।

গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প আবার কয়েক ধরনের হয়। যথা -

- (ক) সোডিয়াম ডেপার ল্যাম্প; (খ) মার্কারি ডেপার ল্যাম্প; (গ) নিয়ন ল্যাম্প; (ঘ) আর্গন ল্যাম্প; (ঙ) হিলিয়াম ল্যাম্প; (চ) ক্রিপ্টন ল্যাম্প; (ছ) জেনন ল্যাম্প।



ফিলামেন্ট ল্যাম্প



এনার্জি ল্যাম্প



মার্কারি ডেপার ল্যাম্প

১.৩ বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক ল্যাম্পের ব্যবহার

বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক ল্যাম্পের ব্যবহার নিম্নে দেয়া হলো –

- (ক) ফিলামেন্ট ল্যাম্প: ফিলামেন্ট থেকে আলো বিচ্ছুরিত হওয়ার জন্য একে ফিলামেন্ট ল্যাম্প বলে। সাধারণত বাসা-বাড়িতে ফিলামেন্ট ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়।
- (খ) কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্প: একটি বায়ুশূন্য কাচের গোলকের মধ্যে কার্বনের তৈরি সরু ফিলামেন্ট দিয়ে এ ল্যাম্প তৈরি করা হয়। এ ল্যাম্পে আলো ঠিক সাদা হয় না, কিন্তু কিছুটা হলুদ বর্ণের হয়। ব্যাটারি চার্জিংয়ের সময় রোধ হিসেবে এ ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়।
- (গ) ভ্যাকুয়াম মেটাল ফিলামেন্ট ল্যাম্প: এ ল্যাম্প একটি বায়ুশূন্য কাচের গোলকের মধ্যে সরু টাংস্টেনের ফিলামেন্ট দিয়ে এ ল্যাম্প তৈরি করা হয়। এ ল্যাম্প বেশিদিন টেকসই হয় না। খুব কম ওয়াটের জন্য এ ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়। সাধারণত ১৫ ওয়াট ও ২৫ ওয়াটের এ ধরনের ল্যাম্প হয়ে থাকে।
- (ঘ) গ্যাসভরা কুণ্ডলিত ফিলামেন্ট ল্যাম্প: এ ধরনের ল্যাম্প আর্গন (Ar), নাইট্রোজেন (N), ক্রিপ্টন (Kr) ইত্যাদি নিষ্ক্রিয় গ্যাস দ্বারা ভর্তি থাকে। বায়ুশূন্য বাতি অপেক্ষা এ বাতিতে অনেক বেশি উজ্জ্বল সাদা আলো পাওয়া যায়। যেখানে ১৫ ওয়াটের বেশি বাতির প্রয়োজন হয়, সেখানে এ ধরনের বাতি ব্যবহৃত হয়।
- (ঙ) আর্ক ল্যাম্প: আর্ক ল্যাম্পের ওয়াট এত বেশি, সে ঘরের ভিতরে এ ধরনের বাতি ব্যবহার করা যায় না। এ ল্যাম্প বিশেষ ক্ষেত্রে যেমন: সন্ধানী আলো, সিনেমার প্রজেক্টর এবং ম্যাজিক লাইট ছাড়া আর্ক ল্যাম্পের ব্যবহার নেই বললেই চলে।
- (চ) গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প: এ ল্যাম্পে একটি কাচের নলের দুদিকে দুটি ইলেকট্রোড রেখে তার ভিতরে বায়ুশূন্য করে, তারপর নলের ভিতরে সোডিয়াম বাম্প, পারদ বাম্প, নিয়ন (Ne), জেনন (Xe) ইত্যাদি গ্যাস ভরে গ্যাস ডিসচার্জ ল্যাম্প তৈরি করা হয়। এ ধরনের ল্যাম্প সাধারণত রাস্তা-ঘাট, রেল আঙ্গিনা, বড় ধরনের ব্রীজ, বিমান উড্ডয়ন স্থান ও কোনো উন্মুক্ত স্থান আলোকিত করতে ব্যবহৃত হয়।
- (ছ) মার্কারি ভেপার ল্যাম্প: এ ধরনের ল্যাম্প বিভিন্ন কাপড়ের দোকান, শপিং মল, শিল্পাঞ্চল, রেল আঙ্গিনা, বন্দর ও রাস্তা-ঘাট আলোকিত করার জন্য ব্যবহৃত হয়।
- (জ) সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প: রাস্তা-ঘাট, ব্রিজ, উন্মুক্ত স্থান, বিমান উড্ডয়ন, জেনারেল আউটডোর ও লো-পাওয়ার ফ্যাক্টর লাইনে ব্যবহৃত হয়।
- (ঝ) এনার্জি সেভিং ল্যাম্প: বর্তমানে এ ধরনের ল্যাম্প বাসা-বাড়ি ও সিএনজি স্টেশনে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এ ধরনের ল্যাম্প এনার্জি সেভ করে বলে সরকার জনগণকে এ ধরনের ল্যাম্প ব্যবহারে উৎসাহিত করছে।
- (ঞ) টিউব লাইট: দিনের ন্যায় আলো পাবার জন্য এ ধরনের ল্যাম্প শিক্ষা প্রতিষ্ঠান, শিল্প-কারখানা, বাসা-বাড়িতেও ব্যবহৃত হয়।

১.৪ বিভিন্ন প্রকার ল্যাম্পের লিউমেন/আলোকরশ্মি

বিভিন্ন প্রকার ল্যাম্পের লিউমেন/আলোকরশ্মির তালিকা নিম্নে দেয়া হলো -

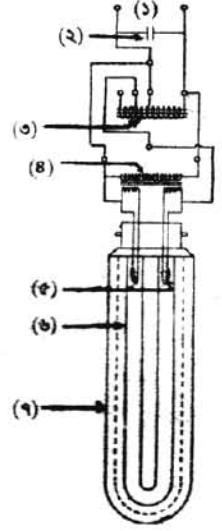
ল্যাম্প	ওয়াট	২৩০ ভোল্ট সাপ্লাইয়ের জন্য গড়পড়তা লিউমেন	কার্যকাল ঘণ্টা
ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প	১০	১০৫	১০০০
	২৫	২২০	
	৪০	৪২৫	
	৬০	৭২০	
	১০০	১৩৮০	
	১৫০	২০৮০	
	২০০	২৯২০	
	৩০০	৪৭০০	
	৫০০	৮৩০০	
	১০০০	১৮৬০০	
ফ্লুরোসেন্ট ল্যাম্প	২০	৯৭০	৫০০০ থেকে ৭৫০০
	৪০	২৪৪০	
	৬৫/৮০	৪০০০	
সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প	৪৫	২৭০০	৩০০০
	৬০	৩৯০০	
	৮৫	৬০০০	
	১০০	৭৫০০	
মার্কারি ভেপার ল্যাম্প	৮০	৩৫০০	৯০০০
	১২৫	৬২৫০	
	২৫০	১৩৫০০	
	৪০০	২৩০০০	
	১০০০	৬০০০০	
হ্যালোজেন ল্যাম্প	১০০০	২৫০০০	৯০০০

১.৫ সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প, মার্কারি ভেপার ল্যাম্প ও এনার্জি সেভিং ল্যাম্প

সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প: সোডিয়াম ল্যাম্প হাই ইনটেনসিটি ডিসচার্জ ল্যাম্পের একটি। এটি ১৯৬৫ সালে বাণিজ্যিকভাবে ব্যাপক পরিচিতি লাভ করে।

ফর্ম-১৮, জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১ (প্রথম ও দ্বিতীয় পত্র)-৯ম শ্রেণি

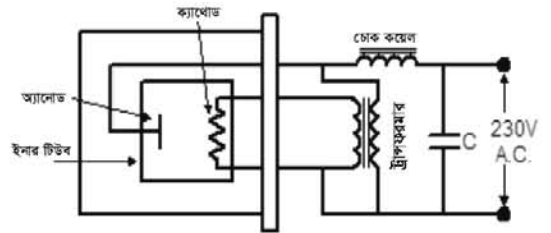
যে ন্যাম্প 'ইউ' আকৃতির কাচের নলের ভেতর কিছুটা সোডিয়াম ভেপার, সামান্য পরিমাণ নিয়ন গ্যাস এবং নলের দুই প্রান্তে দুটি টাংস্টেন ফিলামেন্টের ইলেকট্রোড থাকে, তাকে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প বলে। সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প হতে প্রতি ওয়াটে ৬০ লিউমেন আলো নির্গত হতে পারে। এ ধরনের ন্যাম্পের সাইজ সাধারণত ৪৫, ৬০ এবং ১০০ ওয়াট হয়ে থাকে। পাশে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প [চিত্র: ১.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



নিম্নলিখিত অংশসমূহ নিয়ে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প গঠিত -

- (১) এসি সাপ্লাই;
- (২) পিএফ কন্ডেনসার;
- (৩) অটো ট্রান্সফরমার;
- (৪) ফিলামেন্ট হিটিং ট্রান্সফরমার;
- (৫) কোল্ড ফিলামেন্ট;
- (৬) সোডিয়ামসহ ইউ আকৃতির টিউব;
- (৭) ভ্যাকুয়াম ফ্লাক্স।

সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্পের কার্যপদ্ধতি: সোডিয়াম ন্যাম্প জ্বালানোর সময় সরবরাহ ভোল্টেজের প্রায় দ্বিগুণ ভোল্টেজ প্রয়োজন হয়। এ ভোল্টেজ স্টেপ আপ ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে পাওয়া যায়। ন্যাম্পের সার্কিটে এসি সরবরাহ দিলে ন্যাম্পের ফিলামেন্টের মধ্য দিয়ে কারেন্ট যেতে আরম্ভ করে এবং বাড়তি ভোল্টেজ আস্তে আস্তে কমে গিয়ে স্বাভাবিক ভোল্টেজ চলে আসে।

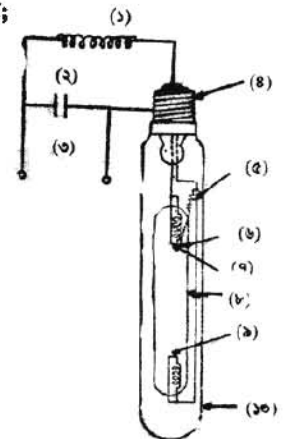


যখন সার্কিটে ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় তখন প্রথমে নিয়ন গ্যাস জ্বলে এবং কিঁকে লাল রং হয়। লভ্য আসতে ২০ মিনিট সময় লাগে। এভাবে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প কাজ করে।

সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্পের ব্যবহার:

- (ক) রাস্তা বা উন্মুক্ত স্থান আলোকিত করতে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প ব্যবহৃত হয়;
- (খ) বিমান উড্ডয়ন এলাকা আলোকিত করতে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প ব্যবহৃত হয়;
- (গ) হাইওয়ে এবং জেনারেল আউটডোরে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প ব্যবহৃত হয়;
- (ঘ) লো-পাওয়ার ফ্যাক্টরি লাইনে সোডিয়াম ভেপার ন্যাম্প ব্যবহৃত হয়।

মার্কারি ভেপার ন্যাম্প: যে ভেপার ন্যাম্পের ভিতরের বাষ্পটির মধ্যে কিছুটা পরিমাণ পারদ (Hg), আর্গন গ্যাস (Ar) এবং তার দুই প্রান্তে টাংস্টেন তারের দুটি ইলেকট্রোড থাকে, এ ধরনের ন্যাম্পকে মার্কারি ভেপার ন্যাম্প বলে। উপরের ইলেকট্রোডের পাশে আরেকটি সহায়ক ইলেকট্রোড থাকে। সহায়ক ইলেকট্রোডটি একটি উচ্চমানের রেজিস্ট্যান্সের মাধ্যমে নিচের ইলেকট্রোডের সাথে সংযোগ থাকে। এ ন্যাম্প সাধারণত ২৫০ ওয়াট এবং ৪০০ ওয়াটের মধ্যে হয়ে থাকে। এর কর্মদক্ষতা প্রতি ওয়াটে (৪০-৬০)

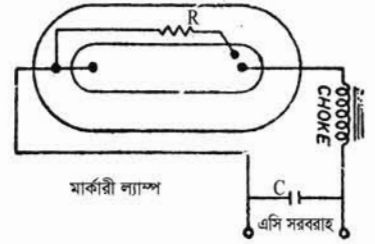


লিউমেন আলোকরশ্মি নির্গত হয়। পাশে মার্কারি ভেপার ল্যাম্প [চিত্র: ১.৪] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

নিম্নলিখিত অংশসমূহ নিয়ে মার্কারি ভেপার ল্যাম্প গঠিত -

- (১) চোক কয়েল;
- (২) পি এক কন্ডেনসার;
- (৩) এসি মেইন;
- (৪) জু-ক্যাপ;
- (৫) লিমিটিং রেজিস্ট্যান্স;
- (৬) সাহায্যকারী ইলেকট্রোড;
- (৭) মেইন ইলেকট্রোড (১);
- (৮) মার্কারিসহ ভিতরের টিউব;
- (৯) মেইন ইলেকট্রোড (২);
- (১০) বাইরের গ্যাস টিউব।

কার্যপদ্ধতি: টার্মিনালদ্বয়ের মধ্যে এসি সরবরাহ দিলে মেইন ও সাহায্যকারী ইলেকট্রোডের মধ্যে প্রথমে আর্গন গ্যাসের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক ডিসচার্জ শুরু হয়। এরপর মেইন ইলেকট্রোডদ্বয় উত্তপ্ত হলে পারদ বাষ্প পরিণত হয়। তখন আলো উজ্জ্বল থেকে উজ্জ্বলতর হয়ে ওঠে। আলো স্বাভাবিক উজ্জ্বলতায় আসতে প্রায় ৫ মিনিট সময় লাগে। এভাবে মার্কারি ভেপার ল্যাম্প কাজ করে থাকে।



ব্যবহারসমূহ:

- (ক) বিভিন্ন শিল্পাঞ্চল আলোকিত করার জন্য মার্কারি ভেপার ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়;
- (খ) রেল আঙিনা, বন্দর ইত্যাদি স্থান আলোকিত করার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়;

(গ) রাস্তা আলোকিত করার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।

এনার্জি সেভিং ল্যাম্প: যে ল্যাম্পের সাহায্যে এনার্জি সেভ করে বৈদ্যুতিক শক্তিকে আলোক শক্তিতে রূপান্তরিত করে, তাকে এনার্জি সেভিং ল্যাম্প বলে।

বাজারে ৯, ১১, ১৩, ১৫, ১৮, ২০, ২৩, ২৪, ২৮ ওয়াটের এনার্জি সেভিং পাওয়া যায়। ১০০ ওয়াটের ইনক্যানডিসেন্ট বাতির প্রায় সমপরিমাণ লিউমেন একটি ১৮ ওয়াটের এনার্জি সেভিং ল্যাম্প হতে পাওয়া যায়।

এনার্জি সেভিং ল্যাম্প নিম্নলিখিত অংশসমূহ নিয়ে গঠিত -

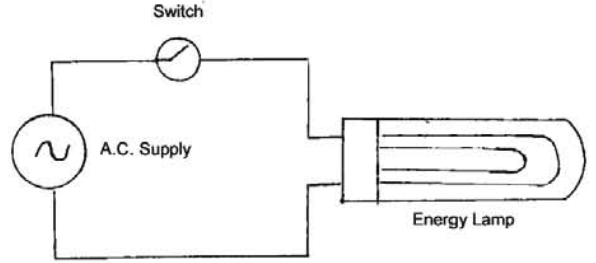
- (ক) কন্টাক্ট পয়েন্ট;
- (খ) পিন;
- (গ) 'ইউ' আকৃতির নল;
- (ঘ) কনভার্টার;



(ঙ) ইনভার্টার;

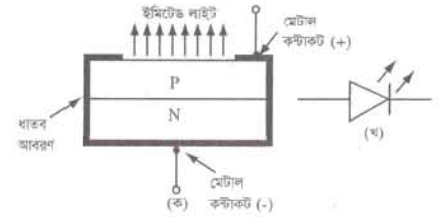
(চ) সিল করা পাত্র।

কার্যপদ্ধতি: এনার্জি সেভিং ল্যাম্পের সার্কিটে এসি সরবরাহ দিলে প্রথমে কনভার্টারের মাধ্যমে এসিকে ডিসিতে রূপান্তর করে রেজিস্টরের ও ট্রানজিস্টরের মাধ্যমে ভোল্টেজ ড্রপ করে। এই কম ডিসি ভোল্টেজকে ইনভার্টারের মাধ্যমে ডিসি এসিকে রূপান্তর করে বায়ুশূন্য 'ইউ' আকৃতির কাচের নলের ভিতর দিয়ে এনার্জি সেভ করে কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে টিউবের ভিতরে গ্যাসের মধ্যে ডিসচার্জ শুরু করে। ফলে টিউবের ভিতরে সিপিএস গ্যাস গরম হয়ে টিউবের দেয়ালে আলোক বিচ্ছুরিত হয়। এভাবে বৈদ্যুতিক শক্তি আলোকশক্তিতে রূপান্তর করে এনার্জি ল্যাম্পের মাধ্যমে বিভিন্ন স্থান আলোকিত করা যায়। উপরে এনার্জি সেভিং ল্যাম্পের সংযোগ [চিত্র: ১.৭] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



১.৬ এলইডি ল্যাম্পের সংজ্ঞাসহ সুবিধা ও অসুবিধা

এলইডির পুরো নাম Light Emitting Diode। যে ডায়োডের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হলে আলো নির্গত হয়, তাকে এলইডি বলে। এলইডির আলোর তীব্রতা এর প্রবাহিত কারেন্টের উপর নির্ভর করে। এটি হতে প্রাপ্ত আলো সাধারণত লাল, হলুদ এবং সবুজ রঙের হয়। এলইডি দুই টার্মিনাল, দুস্তর বিশিষ্ট একটি পিএন জংশন ডায়োড। এর পি ও এন স্তর তৈরি করতে গ্যালিয়াম আর্সেনাইড (GaAs), গ্যালিয়াম ফসফাইড (GaP) অথবা গ্যালিয়াম আর্সেনাইড ফসফাইড (GaAsP) ব্যবহৃত হয়। একে ডায়োড হিসেবে ব্যবহার করা যায় না। কিন্তু ল্যাম্প হিসেবে ব্যবহার করা যায়।



এলইডি ব্যবহার করে যে, ল্যাম্প তৈরি করা হয় তাকে এলইডি ল্যাম্প বলে। উপরে এলইডির গঠনচিত্র ও প্রতীক [চিত্র: ১.৮] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

সুবিধাসমূহ:

- (ক) এলইডি আকারে ছোট। কাজেই ডিসপেন্সের কাজে কম জায়গার অধিকসংখ্যক এলইডি ব্যবহার করা যায়;
- (খ) এটি অপারেট করার জন্য খুব কম পাওয়ারের প্রয়োজন হয়;
- (গ) এলইডি থেকে বিভিন্ন রঙের (যেমন: লাল, হলুদ ও সবুজ) আলো পাওয়া যায়;
- (ঘ) সুইচিং টাইম খুব কম হয়;
- (ঙ) এলইডির আলোর তীব্রতা খুব সহজেই নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

অসুবিধাসমূহ:

- (ক) এটি শুধুমাত্র ফরোয়ার্ড বায়াসে কাজ করে;
- (খ) এটি এসিতে ব্যবহার করা যায় না;
- (গ) এর সর্বোচ্চ কারেন্ট ক্ষমতা 20mA হওয়ায় বেশি কারেন্টে ব্যবহার করা যায় না। এই অতিরিক্ত কারেন্ট এলইডির মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হলে যাতে নষ্ট না হয়, তার জন্য এলইডি সার্কিটে কারেন্ট লিমিটিং রেজিস্টর ব্যবহার করা হয়।

১.৭ এলইডি ল্যাম্পের ব্যবহার ও এলইডি ল্যাম্পের মাধ্যমে পাওয়ার বৃদ্ধিকরণ:

এলইডি ল্যাম্পের ব্যবহার নিয়ে দেয়া হলো -

- (ক) রেডিও, টেপরেকর্ডার ও অ্যামপ্লিফায়ার ইত্যাদি অডিও সিস্টেম ইকুইপমেন্টে এলইডি ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়;
- (খ) ০ হতে ৯ পর্যন্ত সংখ্যাগুলোকে দৃশ্যমান করতে ইলেকট্রনিকমিটার ও ক্যালকুলেটরে এলইডি ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়;
- (গ) পাইলট ল্যাম্প হিসেবে বিভিন্ন ইলেকট্রনিক ইকুইপমেন্ট এবং সুইচ বোর্ডে এলইডি ল্যাম্প ব্যবহৃত হয়।

এলইডির পাওয়ার বৃদ্ধিকরণ: এলইডি বিভিন্ন আকার ও আকৃতির হয়। এটি পি-এন জংশন দিয়ে তৈরি কিন্তু ডায়োড হিসেবে ব্যবহার করা যায় না। এতে 1.7V হতে 3.3V ভোল্টেজ প্রয়োগ হয়। এলইডি ল্যাম্পের সর্বোচ্চ কারেন্ট ক্ষমতা 20mA হয়। এলইডি ল্যাম্পের পাওয়ার বৃদ্ধি করতে এর সাথে আরো এলইডি ল্যাম্প প্যারাললে সংযোগ করতে হয়।

অনুশীলনী-১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্পে কী কী গ্যাস থাকে?
- ২। মার্কারি ভেপার ল্যাম্প পরিপূর্ণ আলো দিতে কতটুকু সময় লাগে?
- ৩। মার্কারি ভেপার ল্যাম্প প্রতি ওয়াটে কত লিউমেন আলো দেয়?
- ৪। মার্কারি ভেপার ল্যাম্পের স্বাভাবিক আয়ুষ্কাল কত?
- ৫। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্পে পরিপূর্ণ আলো দিতে কতটুকু সময় লাগে?
- ৬। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্প প্রতি ওয়াটে কত লিউমেন আলো দেয়?
- ৭। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্পের স্বাভাবিক আয়ুষ্কাল কত?
- ৮। মার্কারি ভেপার ল্যাম্পে কী কী গ্যাস থাকে?
- ৯। বৈদ্যুতিক বাতির কাজ কী?
- ১০। কার্বন ফিলামেন্ট ল্যাম্পের আলো কেমন হয়?
- ১১। ভ্যাকুয়াম ফিলামেন্ট ল্যাম্প সাধারণত কত ওয়াটের হয়ে থাকে?
- ১২। ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প সাধারণত কত ওয়াটের হয়ে থাকে?
- ১৩। এলইডি ল্যাম্প কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। মার্কারি ভেপার ল্যাম্পের সাহায্যকারী উপাদান কী কী?
- ২। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্পে সাহায্যকারী উপাদান কী কী?
- ৩। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্পের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ৪। মার্কারি ভেপার ল্যাম্পের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ৫। এলইডি ল্যাম্পের সুবিধা-অসুবিধা লেখ।
- ৬। এলইডি ল্যাম্পের ব্যবহার লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ল্যাম্পের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ২। বিভিন্ন প্রকার ল্যাম্পের ব্যবহার লেখ।
- ৩। সোডিয়াম ভেপার ল্যাম্পের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।
- ৪। এনার্জি সেভিং ল্যাম্পের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।

দ্বিতীয় অধ্যায় ইলুমিনেশন

২.১ ইলুমিনেশন

ল্যাম্প বা বৈদ্যুতিক বাতির সাহায্যে ঘরবাড়ি বা কোনো স্থান আলোকিত করাকে ইলুমিনেশন বা উদ্ভাসন বলে। কোনো স্থানের প্রতি একক ক্ষেত্রফলে প্রাপ্ত আলোকরশ্মি দ্বারা ঐ স্থানের উদ্ভাসনকে বুঝায়। অন্যভাবে বলা যায়, কোনো তল বা সারফেসে প্রতি ইউনিট একক ক্ষেত্রফলের উপর যতটুকু লিউমিনাস ফ্লাক্স এসে পড়ে, তাকে ইলুমিনেশন বলে।

ধরা যাক,

E = ইলুমিনেশন; A = ক্ষেত্রফল; θ = ফ্লাক্স।

$\therefore$ ইলুমিনেশন $E = \frac{\theta}{A}$ লিউমেন / বর্গমিটার বা লাক্স।

ইলুমিনেশনের একক এম.কে.এস পদ্ধতিতে লিউমেন / বর্গমিটার।

ইলুমিনেশনের একক সি.জি.এস পদ্ধতিতে লিউমেন / বর্গসে.মি।

ইলুমিনেশনের একক এফ.পি.এস পদ্ধতিতে লিউমেন / বর্গফুট।

ইলুমিনেশনের সূত্র:

ইলুমিনেশনের সূত্র তিনটি। এগুলোর বিবরণ নিম্নে দেয়া হলো -

(ক) সমানুপাতের সূত্র: কোনো তলের ইলুমিনেশন, E -এর মান আলো প্রদানকারী উৎসের লিউমিনাস ইনটেনসিটি ও এর সমানুপাতিক অর্থাৎ, $E \propto I$. [যখন তলের দূরত্ব r এবং মধ্যস্থিত কোণের কোসাইন মান $\cos\theta$ অপরিবর্তিত থাকে]

(খ) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক সূত্র: কোনো তলের ইলুমিনেশন, E -এর মান আলো প্রদানকারী উৎস হতে তলের দূরত্বের (r) বর্গের ব্যস্তানুপাতিক। অর্থাৎ, $E \propto \frac{1}{r^2}$ [যখন লিউমিনাস ইনটেনসিটি ও এবং মধ্যস্থিত কোণের কোসাইন মান $\cos\theta$ অপরিবর্তিত থাকে]

(গ) ল্যাম্বার্টের কোসাইন সূত্র: কোনো তলের ইলুমিনেশন, E -এর মান উক্ত তলের উপর অঙ্কিত লম্ব এবং আপতিত আলো রশ্মির মধ্যস্থিত কোণের কোসাইন মানের সমানুপাতিক অর্থাৎ, $E \propto \cos\theta$. [যখন লিউমিনাস ইনটেনসিটি ও এবং তলের দূরত্ব r অপরিবর্তিত থাকে]

উপরের তিনটি সূত্র একত্রিত করে পাই,

$$E \propto \frac{I \cos\theta}{r^2}$$

$$\Rightarrow E = K \frac{I \cos\theta}{r^2} \text{ [এখানে } K \text{ সমানুপাতিক ধ্রুবক]}$$

$$\therefore E = \frac{I \cos\theta}{r^2} \text{ [গাণিতিক বিশ্লেষণে } K = 1 \text{ পাওয়া যায়]}$$

ক্যান্ডেল পাওয়ার: ক্যান্ডেল পাওয়ার বলতে কোনো নির্দিষ্ট দিকে নির্গত আলোকরশ্মির তীব্রতাকে বুঝায়।

রশ্মিরেখা: কোনো আলোদায়ক বস্তু থেকে প্রতি সেকেন্ডে যে পরিমাণ আলোক শক্তির বিকিরণ হয়, তাকে রশ্মিরেখা বা লিউমিনাস ফ্লাক্স বলে।

লিউমেন: লিউমেন হচ্ছে আলোক রশ্মিরেখা পরিমাপের একক। কোনো আলোদায়ক বস্তু থেকে নির্গত আলোক রশ্মিরেখাকে লিউমেন এককে প্রকাশ করা হয়। এক ক্যান্ডেল পাওয়ার শক্তিবিশিষ্ট ল্যাম্প থেকে 4π বা 12.57 লিউমেন আলোক রশ্মিরেখা নির্গত হয়।

উজ্জ্বলতা: কোনো আলোক উৎসের একক ক্ষেত্রফল থেকে কোনো নির্দিষ্ট দিকে লম্বভাবে যে পরিমাণ আলোক রশ্মিরেখা নির্গত হয় তা দ্বারা এর উজ্জ্বলতা বোঝানো হয়।

এক লিউমেন/বর্গফুট: এক বর্গফুট ক্ষেত্রফলে যখন এক লিউমেন আলোকরশ্মি পড়ে, তখন তাকে এক লিউমেন/বর্গফুট বা সংক্ষেপে ১ ফুট ক্যান্ডেল উদ্ভাসন বলে।

এক লিউমেন/বর্গমিটার: এক বর্গমিটার ক্ষেত্রফলে যখন এক লিউমেন আলোকরশ্মি পড়ে, তখন তাকে এক লিউমেন/বর্গমিটার বা সংক্ষেপে ১ মিটার ক্যান্ডেল উদ্ভাসন বলে।

২.২ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যা-১: একটি বাড়ির চতুর্দিকে 1200 লিউমেন আলো প্রদান করে। বাড়ির ৪ মিটার সরাসরি নিচের বিন্দু থেকে ৬ মিটার দূরবর্তী কোনো বিন্দুর ইলুমিনেশন কত হবে তা বের কর।

সমাধান:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{8^2 + 6^2} \\ &= \sqrt{64 + 36} \\ &= \sqrt{100} \\ &= 10\text{m} \end{aligned}$$

দেয়া আছে,

$$\theta = 1200 \text{ লিউমেন।}$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{\theta}{4\pi} \\ &= \frac{1200}{4\theta} \end{aligned}$$

আমরা জানি,

$$\cos\theta = \frac{8}{10}$$

$$= 0.8$$

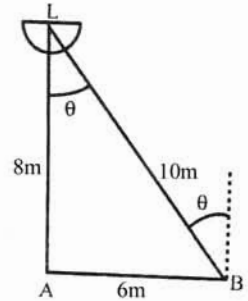
$$\therefore E = \frac{I \cos\theta}{r^2}$$

$$= \frac{95.5 \times 0.8}{100}$$

$$= 0.768 \text{ lumen/m}^2 \text{ বা Lux}$$

$$= 95.5 \text{ ক্যান্ডেল}$$

$$E = ?$$



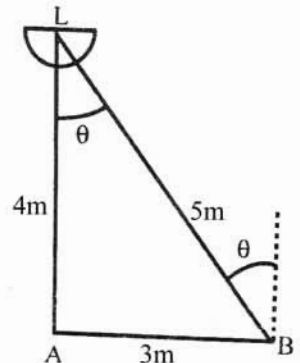
সমস্যা-২: একটি ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প সবদিকে সমহারে 1500 লিউমেন আলো ছড়ায়। ল্যাম্পটি কাজের তল হতে ৪ মিটার উপরে লাগানো হলে বাড়ির নিচ হতে ৩ মিটার দূরে কাজের তলে ইলুমিনেশন বের কর।

সমাধান:

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{4^2 + 3^2} \\ &= \sqrt{16 + 9} \end{aligned}$$

দেয়া আছে,

$$\theta = 1500 \text{ লিউমেন।}$$



$$= \sqrt{25}$$

$$= 5\text{m}$$

$$\cos\theta = \frac{4}{5}$$

$$= 0.8$$

$$\therefore E = \frac{I \cos\theta}{r^2}$$

$$= \frac{119.37 \times 0.8}{25}$$

$$= 3.82 \text{ lumen/m}^2$$

আমরা জানি,

$$I = \frac{\theta}{4\pi}$$

$$= \frac{1500}{4\pi}$$

$$= 119.37 \text{ candle}$$

$$E = ?$$

২.৩ স্থানভেদে ইলুমিনেশন পরিমাণের প্রয়োজনীয়তা

স্থানভেদে ইলুমিনেশন পরিমাণ নিম্নে দেয়া হলো -

ক্রমিক নং	স্থান	লিউমেন/বর্গমিটার
১।	বাড়ি: শোবার ঘর, স্নানের ঘর, রান্নাঘর, পড়ার ঘর, সেলাইয়ের কাজ।	৫০, ৮০, ৮০, ১৫০, ২৫০
২।	অফিস-আদালত: টাইপ করা ও হিসাব কাজ, সাধারণ ঘর, সিঁড়ি ও বারান্দা, নক্সা তৈরির নির্দিষ্ট কক্ষ, বোর্ডের উপর নক্সা অঙ্কন।	২২৫, ১৫০, ৫০, ১৫০, ৩০০
৩।	হোটেল: শোবার ঘর, খাবার ঘর।	৬০, ৮০
৪।	হাসপাতাল: ল্যাবরেটরি, অস্ত্রোপাচারের কক্ষ, হাসপাতালের ওয়ার্ড, প্রতীক্ষালয়।	২০০, ৩৫০, ৩০, ৭০
৫।	বিদ্যালয়: শ্রেণিকক্ষ, চিত্রাঙ্কন, ল্যাবরেটরি, বক্তৃতা মঞ্চ, লাইব্রেরি	১৫০, ২০০, ১৫০, ১০০, ১৫০
৬।	কার্পেন্টার শপ: সব ধরনের সাধারণ কাজ, সব ধরনের সুক্ষ্ম কাজ, ঢালাই কারখানা, সাধারণ কাজ, সুক্ষ্ম কাজ।	৮০, ১৫০, ১৫০, ৮০, ১৫০
৭।	কারখানার যন্ত্রাংশ: নিকৃষ্ট ধরনের কাজ, সাধারণ কাজ, মাঝারি ধরনের কাজ, ছোট ছোট যন্ত্রপাতির কাজ, অতি সুক্ষ্ম কাজ।	৭০, ১০০, ২০০, ৫০০, ১০০০
৮।	মেশিন ও ফিটিং শপ: নিকৃষ্ট ধরনের কাজ, সাধারণ কাজ, মাঝারি ধরনের কাজ, সুক্ষ্ম কাজ, অতি সুক্ষ্ম কাজ।	১০০, ১২০, ২০০, ৪০০, ৮০০
৯।	রাসায়নিক কাজ, রেলওয়ে ইয়ার্ড, ফেরিঘাট, বন্দর, ছাপাখানার কম্পোজ ঘর।	২-৮, ২৫, ২-১০, ৩০০
১০।	কাচের কারখানা: ফার্নেল ঘর, কাচ গলিয়ে জিনিসপত্র তৈরি, কাচের সুক্ষ্ম ঘষা কাজ, কাচ কাটার কাজ, ঘড়ি মেরামতের কারখানা।	৫০, ১০০, ২০০, ৫০০, ৩০০

আলো আমাদেরকে কোনো কিছু দেখতে সহায়তা করে। আলোর পরিমাণ কম হলে দেখতে কষ্ট হয় আবার আলো বেশি হলে ধাঁধা লাগে। সাধারণভাবে সুক্ষ্ম কাজের জন্য ইলুমিনেশন বেশি প্রয়োজন আর বিশ্রাম বা গল্পের স্থানে ইলুমিনেশন কম হলে ভালো হয়। তাই স্থানভেদে ইলুমিনেশনের পরিমাণ জানা একান্ত প্রয়োজন।

অনুশীলনী-২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ইলুমিনেশন কী?
- ২। ইলুমিনেশনের একক কী?
- ৩। কোনো স্থানের ইলুমিনেশন কী কী বিষয়ের উপর নির্ভর করে?
- ৪। আলোর প্রধান উৎস কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ইলুমিনেশনের সূত্রগুলো লেখ।
- ২। স্থানভেদে ইলুমিনেশনের প্রয়োজনীয়তা লেখ।
- ৩। এক লিউমেন/বর্গফুট বলতে কী বোঝায়?
- ৪। এক লিউমেন/বর্গমিটার বলতে কী বোঝায়?

সমস্যাবলি

- ১। একটি ইনক্যানডিসেন্ট ল্যাম্প সর্বদিকে সমহারে 1500 লিউমেন আলো ছড়ায়। ল্যাম্পটি কাজের তল হতে 4 মিটার উপরে লাগানো হলে, বাতির নিচে হতে 3 মিটার দূরে কাজের তলে ইলুমিনেশন নির্ণয় কর।

উত্তর: ইলুমিনেশন 3.82 লিউমেন/বর্গমিটার

- ২। একটি বারান্দায় 4 মিটার দূরে দুটো বাতি মেরু হতে 3 মিটার উচ্চতায় লাগানো আছে। প্রত্যেক বাতির অনুভূমিকের নিচে সর্বদিকে 200 ক্যান্ডেল আলো ছড়ায়। দুটি বাতির মধ্যবর্তী স্থানে ইলুমিনেশন নির্ণয় কর।

উত্তর: ইলুমিনেশন 25.6 লিউমেন/বর্গমিটার

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ইলুমিনেশনের সূত্র থেকে প্রমাণ কর যে, $E = \frac{IC \cos \theta}{r^2}$ । [এখানে E, I, r ও $\cos \theta$ প্রচলিত অর্থ বহন করে]

তৃতীয় অধ্যায় এসি তিন ফেজ সার্কিট

৩.১ এসি সাপ্লাই ফেজ

ফেজ শব্দের অর্থ দশা বা পর্যায়। এসি সাপ্লাইয়ে ফেজ বলতে কারেন্ট, ভোল্টেজের মান, দিক এবং অবস্থানকে বুঝায়। সার্কিটের এসি প্রবাহের ক্ষেত্রে ফেজ ভোল্টেজ ও ফেজ কারেন্টের মধ্যবর্তী কৌণিক দূরত্বকে ফেজ অ্যাঙ্গেল বলে। যদি ভোল্টেজ অপেক্ষা কারেন্ট এগিয়ে থাকে সেই কোণের মানকে লিডিং অ্যাঙ্গেল এবং যদি ভোল্টেজ থেকে কারেন্ট পিছিয়ে থাকে তবে সেই কোণের মানকে ল্যাগিং অ্যাঙ্গেল বলে। যদি ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে কোনো কৌণিক দূরত্ব না থাকে অর্থাৎ ফেজ অ্যাঙ্গেল শূন্য হয় তাকে ইউনিটি অ্যাঙ্গেল বলে।

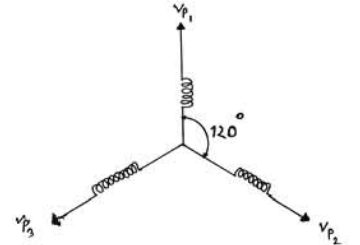
৩.২ এসি তিন ফেজ ব্যবস্থার সুবিধা

এসি তিন ফেজ ব্যবস্থার সুবিধাসমূহ নিম্নে দেয়া হলো –

- (ক) তিন ফেজ সার্কিটে কপার লস কম হয়;
- (খ) তিন ফেজ সার্কিটে ব্যবহৃত যন্ত্রপাতির কর্মদক্ষতা বেশি;
- (গ) হাই ভোল্টেজ উৎপাদন ও সরবরাহের জন্য তিন ফেজ ব্যবস্থা অধিক সুবিধাজনক;
- (ঘ) তিন ফেজ সার্কিট হতে সহজে সিঙ্গেল ফেজ সার্কিট সরবরাহ দেয়া যায়;
- (ঙ) তিন ফেজ সার্কিট সিস্টেমে পরিবাহী তার বা তারের পরিমাণ কম লাগে;
- (চ) তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর তিন ফেজ সরবরাহে স্বয়ং চালু হতে পারে, যা সিঙ্গেল ফেজ সিস্টেমে সম্ভব নয়।

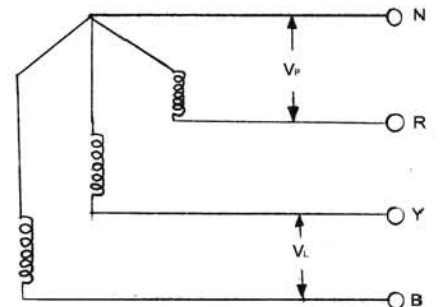
৩.৩ তিন ফেজ ব্যবস্থার ফেজ পার্থক্য

তিন ফেজ সিস্টেমে উৎপন্ন ভোল্টেজ অথবা কারেন্টগুলো পরস্পর একটি নির্দিষ্ট কৌণিক দূরত্বে অবস্থান করে, ঐ কৌণিক দূরত্বকে তিন ফেজ ব্যবস্থার ফেজ পার্থক্য বলে। তিন ফেজ সার্কিটে একটি ফেজ অপরটির চেয়ে বা ১২০০ ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি পিছনে থাকে অর্থাৎ পাশাপাশি দুটি ফেজের মধ্যকার পার্থক্য ১২০০ হয়।

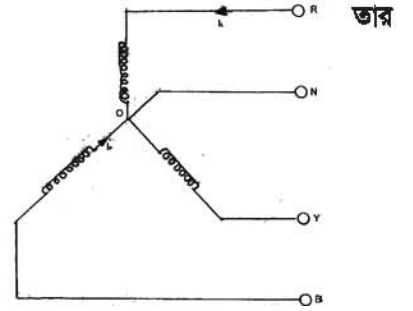


৩.৪ এসি তিন ফেজ ব্যবস্থার লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ এবং লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট

এসি তিন ফেজ লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ: এসি তিন ফেজ ব্যবস্থা সচরাচর তিন ফেজ তিন তার অথবা তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি হয়ে থাকে। তিন ফেজ স্টার সংযোগ হতে তিন ফেজ তিন তার ও তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি বের করা যায়। তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতিতে শুধুমাত্র তিনটি ফেজ তার থাকে কিন্তু নিউট্রাল তার থাকে না। আর তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে তিনটি ফেজ বা লাইন তার ও একটি নিউট্রাল তার থাকে। যে কোনো দুটি মেইন লাইনের মধ্য দিয়ে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায়, তাকে লাইন ভোল্টেজ বলে। একে VL দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আর যে কোনো একটি লাইন ও নিউট্রাল তারের মধ্যে যে ভোল্টেজ পরিমাপ করা হয়, তাকে ফেজ ভোল্টেজ বলে। একে VP দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। উপরে তিন ফেজ স্টার সংযোগ চিত্রের মধ্যে লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ [চিত্র: ৩.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



এসি তিন ফেজ লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট: এসি তিন ফেজ চার পদ্ধতিতে প্রতিটি লাইনের মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে লাইন কারেন্ট বলে। একে I_L দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আর প্রতিটি কয়েলে বা ফেজ দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাকে ফেজ কারেন্ট বলে। একে I_P দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। পাশে তিন ফেজ স্টার সংযোগ চিত্রের মধ্যে লাইন ও ফেজ কারেন্ট [চিত্র: ৩.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



অনুশীলনী-৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ফেজ অর্থ কী?
- ২। ফেজ অ্যাঙ্গেল কী?
- ৩। এসি তিন ফেজ ব্যবস্থায় ফেজ পার্থক্য কত হয়?
- ৪। লাইন ভোল্টেজ কী?
- ৫। ফেজ ভোল্টেজ কী?
- ৬। লাইন কারেন্ট কী?
- ৭। ফেজ কারেন্ট কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। এসি সাপ্লাইয়ে ফেজ বলতে কী বোঝায়?
- ২। এসি তিন ফেজ সার্কিটের ফেজ পার্থক্য বলতে কী বোঝায়?
- ৩। এসি তিন ফেজ সার্কিটের সুবিধাগুলো লেখ।
- ৪। এসি তিন ফেজ চার তার ব্যবস্থায় ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।
- ৫। এসি তিন ফেজ তিন তার ও এসি তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্টের চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।

রচনামূলক প্রশ্ন

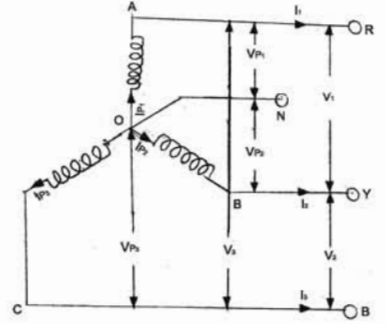
- ১। এসি তিন ফেজ চার তার ব্যবস্থায় ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ বলতে কী বোঝায়?
- ২। এসি তিন ফেজ তিন তার ও এসি তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিতে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট বলতে কী বোঝায়?

চতুর্থ অধ্যায়

তিন ফেজ স্টার ও ডেল্টা সংযোগ

৪.১ তিন ফেজ স্টার সংযোগ

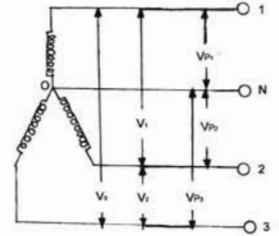
তিন ফেজ অন্টারনেটরের তিনটি ওয়াইভিং বা প্রতিটি কয়েলের একটি শুরু প্রান্ত ও একটি শেষ প্রান্ত থাকে। ৩-φ অন্টারনেটরের তিনটি কয়েলের শুরু প্রান্ত যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগের মাধ্যমে অপর প্রান্ত তিনটি লোডের সাথে সংযোগ করে 120° দূরে দূরে অবস্থান করে তবে তাকে তিন ফেজ স্টার সংযোগ বলে। কয়েল তিনটিকে OA, OB, OC দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। কয়েল তিনটির স্টার সংযোগ পাশে [চিত্র: ৪.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



স্টার সংযোগের শুরু প্রান্ত তিনটি একত্রে শর্ট করে যে বিন্দু বের করা হয় সে বিন্দুকে নিউট্রাল বিন্দু বলে। একে O অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। ৩-φ অন্টারনেটরের প্রতিটি কয়েলের দুই প্রান্তের ভোল্টেজকে ফেজ ভোল্টেজ বলে। আর যে-কোনো দুটি লাইনের মধ্যবর্তী ভোল্টেজকে লাইন ভোল্টেজ বলে। চিত্রে ফেজ ভোল্টেজ তিনটিকে V_{P1} , V_{P2} ও V_{P3} এবং লাইন ভোল্টেজ তিনটিকে V_1 , V_2 ও V_3 দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে। প্রতিটি কয়েল বা ফেজে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাকে ফেজ কারেন্ট বলে। প্রতিটি মেইন লাইনে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাকে লাইন কারেন্ট বলে। উপরের চিত্রে তিনটি ফেজ কারেন্টকে যথাক্রমে I_{P1} , I_{P2} ও I_{P3} এবং তিনটি লাইন কারেন্টকে যথাক্রমে I_1 , I_2 ও I_3 দ্বারা বুঝানো হয়েছে।

৪.২ তিন ফেজ স্টার সংযোগের প্রতীক লিপিবদ্ধকরণ

এসি তিন ফেজ স্টার সংযোগ দেখতে অনেকটা ইংরেজি অক্ষর "Y" এর মতো। তাই এসি তিন ফেজ স্টার সংযোগকে প্রতীক "Y" দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে।



৪.৩ তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক

ব্যালেন্স সিস্টেমে তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক [চিত্র: ৪.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো -

মনে করি, ১, ২ ও ৩ লাইনের ফেজ ভোল্টেজ যথাক্রমে V_{P1} , V_{P2} ও V_{P3} এবং লাইন ভোল্টেজ যথাক্রমে V_1 , V_2 ও V_3 .

$$V_1 = V_{P1} - V_{P2}$$

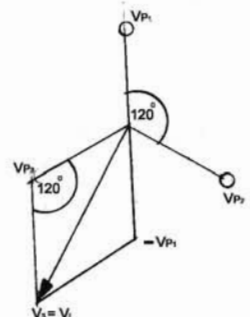
$$V_2 = V_{P2} - V_{P3}$$

$$V_3 = V_{P3} - V_{P1}$$

ব্যালেন্স সিস্টেমের ক্ষেত্রে মনে করি,

$$V_{P1} = V_{P2} = V_{P3} = V_P \text{ এবং } V_1 = V_2 = V_3 = V_L$$

পাশে স্টার সংযুক্ত ভেক্টর [চিত্র: ৪.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



ভেক্টর চিত্রে সামান্তরিক সূত্র প্রয়োগ করে পাই -

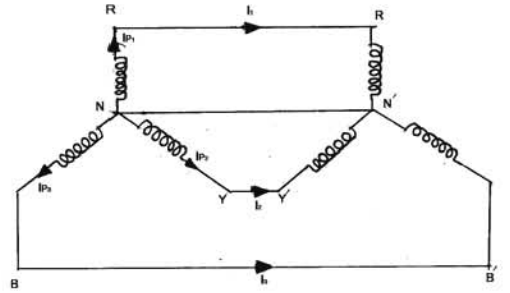
$$\begin{aligned} V_3 &= \sqrt{V_R^2 + (-V_R)^2 + 2V_R(-V_R)\cos 120^\circ} \\ &= \sqrt{V_R^2 + V_R^2 + 2V_R(-V_R) \cdot -\frac{1}{2}} \\ &= \sqrt{2V_R^2 + V_R^2} \\ &= \sqrt{3V_R^2} \end{aligned}$$

$$\text{বা, } V_L = \sqrt{3} V_P$$

অর্থাৎ, তিন ফেজ ব্যালেন্স সিস্টেমে স্টার সংযোজিত সার্কিটে লাইন ভোল্টেজ হতে ফেজ ভোল্টেজ $\sqrt{3}$ গুণ বেশি।

৪.৪ তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক

ব্যালেন্স লোডে তিন ফেজ, চার তার স্টার সংযোজিত লোডকে, তিন ফেজ স্টার, চার তার উৎসের সাথে সংযোগ [চিত্র: ৪.৪] পাশে অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। ফেজ কারেন্টগুলোকে যথাক্রমে I_R , I_B ও I_Y এবং লাইন কারেন্টগুলোকে যথাক্রমে I_1 , I_2 ও I_3 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।



R বিন্দুতে কার্শফের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\therefore I_R - I_1 = 0$$

$$\text{বা, } I_R = I_1 \dots\dots\dots (i)$$

Y বিন্দুতে কার্শফের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\therefore I_B - I_2 = 0$$

$$\text{বা, } I_B = I_2 \dots\dots\dots (ii)$$

B বিন্দুতে কার্শফের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\therefore I_Y - I_3 = 0$$

$$\text{বা, } I_Y = I_3 \dots\dots\dots (iii)$$

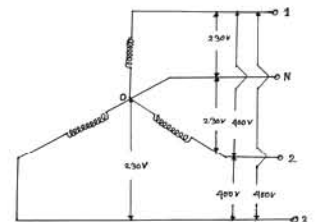
$\therefore$ ব্যালেন্স সিস্টেমে যদি লাইন কারেন্টকে I_L দ্বারা এবং ফেজ কারেন্টকে I_P দ্বারা প্রকাশ করা হয় তবে আমরা লিখতে পারি, $I_1 = I_2 = I_3 = I_L$ এবং $I_R = I_B = I_Y = I_P$

$$\therefore I_L = I_P.$$

অর্থাৎ ব্যালেন্স লোডে তিন ফেজ স্টার চার তার সংযোজিত সার্কিটের লাইন কারেন্ট হবে, ফেজ কারেন্টের সমান।

৪.৫ নিউট্রাল লাইনের প্রয়োজনীয়তা

তিন ফেজ অস্টারনেটের তিনটি ওয়াইন্ডিংয়ের প্রতিটির শুরু প্রান্ত একত্রে শর্ট করে যে বিন্দু পাওয়া যায়, তাকে নিউট্রাল বিন্দু বলে। নিউট্রাল বিন্দুকে O দ্বারা প্রকাশ



করা হয়েছে। নিচে ব্যালেন্স লোডে তিন ফেজ চার তার স্টার সংযোগের নিউট্রাল তার-সহ সার্কিট [চিত্র: ৪.৫] অঙ্কন করে দেখানো হলো -

নিউট্রাল বিন্দু হতে যে লাইন তার টানা হয়, তাকে নিউট্রাল লাইন বলে। নিউট্রাল তারকে ON দ্বারা প্রকাশ করা হয়েছে। লাইন ও নিউট্রাল তারের মধ্যে $\sqrt{3}$ ভোল্টেজ কম হয়। যদি লাইনের সরবরাহ ভোল্টেজ 400V হয়, তবে লাইন ও নিউট্রাল তারের মধ্যে $\frac{400V}{\sqrt{3}}$ বা 231 ভোল্ট হবে। তাই তিন ফেজ, চার তার স্টার সংযোগ হতে সিঙ্গেল ফেজে রূপান্তরিত করা হয়। যার ফলে তিন ফেজ সাপ্লাইয়ের সাহায্যে তিন ফেজ লোড এবং একটি ফেজ ও নিউট্রাল তারের সাহায্যে সিঙ্গেল ফেজ লোড যেমন: সিঙ্গেল ফেজ মোটর, বাতি, পাখা এবং আবাসিক বৈদ্যুতিক অ্যাপ্লাইয়েন্স পরিচালনা করা যায়। নিউট্রাল লাইন ছাড়া সিঙ্গেল ফেজ সরবরাহ দেয়া সম্ভব নয় বিধায়, নিউট্রাল লাইনের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম।

৪.৬ তিন ফেজ স্টার সংযোজিত ব্যালেন্স লোডের পাওয়ার নির্ণয় সমীকরণ

মনে করি, তিন ফেজ ব্যালেন্স লোডের ক্ষেত্রে -

লাইন ভোল্টেজ	= V_L , ভোল্টে
ফেজ ভোল্টেজ	= V_P , ভোল্টে
লাইন কারেন্ট	= I_L , অ্যাম্পিয়ারে
ফেজ কারেন্ট	= I_P , অ্যাম্পিয়ারে
প্রতি ফেজের পাওয়ার ফ্যাক্টর	= $\cos\theta$
তিন ফেজের মোট পাওয়ার	= P_t , ওয়াটে

আমরা জানি,

$$\text{সিঙ্গেল ফেজের পাওয়ার} \quad P_p = V_P I_P \cos\theta$$

$$\text{সুখম লোডের তিন ফেজের মোট পাওয়ার} \quad P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

সুখম লোড অবস্থায় মনে করি,

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_p$$

$$\therefore P_t = P_1 + P_2 + P_3$$

$$= P_p + P_p + P_p = 3P_p$$

$$= 3V_P I_P \cos\theta$$

$$= 3 \frac{V_L}{\sqrt{3}} \times I_L \times \cos\theta$$

$$= \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$$

স্টার সংযোগের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$$\left[V_P = \frac{V_L}{\sqrt{3}} \text{ এবং } I_L = I_P \right]$$

৪.৭ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যাবলি-১: একটি তিন ফেজ চার তারবিশিষ্ট স্টার সংযোজিত সার্কিটের ভোল্টেজ 400 ভোল্ট, ফ্রিকুয়েন্সি 50 হার্টজ এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.8। সার্কিটের লাইন কারেন্ট 25 অ্যাম্পিয়ার হলে, ঐ সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

দেয়া আছে,

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta$$

$$V_L = 400 \text{ v}$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 25 \times 0.8$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$= 13856.4 \text{ w}$$

$$\cos\theta = 0.8$$

$$= 13.8564 \text{ kw}$$

$$I_L = 25 \text{ A}$$

$$P = ?$$

সমস্যাবলি-২: একটি তিন ফেজ চার তারবিশিষ্ট স্টার সংযোজিত সার্কিটের ফেজ ভোল্টেজ 230 ভোল্ট, ফ্রিকুয়েন্সি 50 হার্টজ এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 85%। সার্কিটের লাইন কারেন্ট 25 অ্যাম্পিয়ার হলে, ঐ সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$\begin{aligned} P &= 3 V_P I_P \cos\theta \\ &= 3 V_P I_P \cos\theta \text{ [স্টার সংযোগে } I_L = I_P] \\ &= 3 \times 230 \times 25 \times 0.85 \\ &= 14,662.5 \text{ w} \\ &= 14.6625 \text{ kw} \end{aligned}$$

দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} V_P &= 230 \text{ v} \\ \cos\theta &= 85\% = 0.85 \\ I_L &= 25 \text{ A} \\ P &= ? \end{aligned}$$

সমস্যাবলি-৩: একটি তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটের লাইন ভোল্টেজ 400V, ফ্রিকুয়েন্সি 50Hz, 4-Pole এবং 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরবিশিষ্ট ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষমতা 4kw হলে, ঐ মোটরের কারেন্ট কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি,

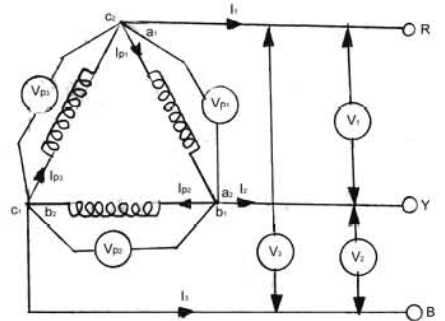
$$\begin{aligned} P &= \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta \\ \text{or, } \sqrt{3} \times 400 \times I_L \times 0.8 &= 4,000 \\ \text{or, } I_L &= \frac{4000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8} \\ &= 7.21 \text{ Amp.} \\ \text{স্টার সংযোগের ক্ষেত্রে আমরা জানি,} \\ I_L &= I_P \\ \therefore I_P &= 7.21 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

দেয়া আছে,

$$\begin{aligned} V_L &= 400 \text{ v} \\ f &= 50 \text{ Hz} \\ \cos\theta &= 0.8 \\ P &= 4 \text{ kw} = 4000 \text{ w} \\ I_L &= ? \\ I_P &= ? \end{aligned}$$

৪.৮ তিন ফেজ ডেল্টা সার্কিট

যখন একটি তিন ফেজ অস্টারনেটের তিনটি কয়েলের প্রথমটির শেষ প্রান্ত দ্বিতীয়টির শুরু প্রান্তের সাথে, দ্বিতীয়টির শেষ প্রান্ত তৃতীয়টির শুরু প্রান্তের সাথে এবং তৃতীয়টির শেষ প্রান্ত প্রথমটির শুরু প্রান্তের সাথে জুড়ে দিয়ে 120° দূরে দূরে অবস্থিত তিনটি কয়েলের মধ্যে যে সংযোগ করা হয়, তাকে তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ বলে। পাশে তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগের সার্কিট [চিত্র: ৪.৬] অঙ্কন করে দেখানো হলো। অস্টারনেটের তিনটি কয়েল a_1a_2 , b_1b_2 এবং c_1c_2 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

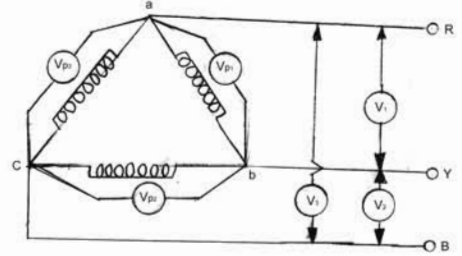


প্রতিটি কয়েল বা ফেজের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে ফেজ কারেন্ট বলে। আর প্রতিটি লাইনের মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তাকে লাইন কারেন্ট বলে। চিত্রে ফেজ কারেন্ট তিনটিকে I_{p1} , I_{p2} এবং I_{p3} দ্বারা এবং লাইন কারেন্ট তিনটিকে I_1 , I_2 এবং I_3 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

প্রতিটি কয়েল বা ফেজের দুই প্রান্তের ভোল্টেজকে ফেজ ভোল্টেজ বলে এবং যে কোনো দুইটি লাইনের মধ্যবর্তী ভোল্টেজকে লাইন ভোল্টেজ বলে। চিত্রে ফেজ ভোল্টেজসমূহ V_{P1} , V_{P2} এবং V_{P3} দ্বারা এবং লাইন ভোল্টেজসমূহকে V_1 , V_2 এবং V_3 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

৪.৯ তিন ফেজ ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের সম্পর্ক পাশে [চিত্র: ৪.৭] একটি তিন ফেজ অস্টারনেটরের ab, bc ও ca কয়েলের ডেল্টা সংযোগ চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। উক্ত চিত্র হতে দেখা যায়, ধন কয়েল R ও Y লাইনে সংযুক্ত আছে। ফলে ab কয়েলের ফেজ ভোল্টেজ R ও Y লাইনের মধ্যবর্তী ভোল্টেজের সমান।

অর্থাৎ, ফেজ ভোল্টেজ $V_{P1} =$ লাইন ভোল্টেজ V_1



অনুরূপভাবে দেখানো যায়,

ফেজ ভোল্টেজ $V_{P2} =$ লাইন ভোল্টেজ V_2 এবং

ফেজ ভোল্টেজ $V_{P3} =$ লাইন ভোল্টেজ V_3

ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে ফেজ ভোল্টেজগুলো পরস্পর সমান এবং লাইন ভোল্টেজগুলোও পরস্পর সমান। অর্থাৎ,

$$V_{P1} = V_{P2} = V_{P3} \text{ এবং } V_1 = V_2 = V_3$$

ধরা যাক, $V_{P1} = V_{P2} = V_{P3} = V_P$ এবং $V_1 = V_2 = V_3 = V_L$

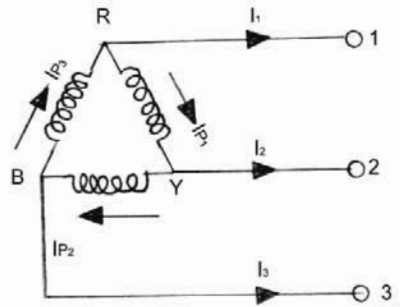
$$\therefore V_P = V_L$$

অর্থাৎ, তিন ফেজ ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ হবে লাইন ভোল্টেজের সমান।

৪.১০ তিন ফেজ ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক নির্ণয়

তিন ফেজ ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক [চিত্র: ৪.৮] পাশে অঙ্কন করে দেখানো হলো -

লাইন কারেন্ট তিনটিকে যথাক্রমে I_1 , I_2 এবং I_3 এবং ফেজ কারেন্ট তিনটিকে যথাক্রমে I_{P1} , I_{P2} এবং I_{P3} দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।



R বিন্দুতে কার্ষকের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_{P3} - I_{P1} - I_1 = 0$$

$$\text{বা, } I_1 = I_{P3} - I_{P1} \text{ ----- (i)}$$

Y বিন্দুতে কার্ষকের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_{P1} - I_2 - I_{P2} = 0$$

$$\text{বা, } I_2 = I_{P1} - I_{P2} \text{ ----- (ii)}$$

B বিন্দুতে কার্ষকের কারেন্ট সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$I_{P2} - I_{P3} - I_3 = 0$$

$$\text{বা, } I_3 = I_{P2} - I_{P3} \text{ ----- (iii)}$$

মনে করি, ব্যালেন লোডে ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে,

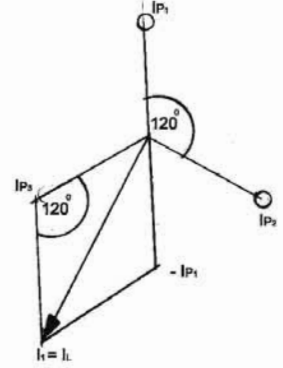
$$I_1 = I_2 = I_3 = I_L \text{ এবং } I_{P1} = I_{P2} = I_{P3} = I_P$$

উপরিউক্ত সার্কিটের লাইন ও ফেজ কারেন্টের সম্পর্ক ডেল্টার চিত্রের সাহায্য পাশে দেখানো হলো।

ডেল্টার চিত্রে সামান্তরিকের সূত্র প্রয়োগ করে পাই,

$$\begin{aligned} I_L &= \sqrt{(I_{P3})^2 + (-I_{P1})^2 + 2I_{P3}(-I_{P1})\cos 120^\circ} \\ &= \sqrt{I_P^2 + I_P^2 + 2I_P(-I_P) \cdot -\frac{1}{2}} \\ &= \sqrt{I_P^2 + I_P^2 + I_P^2} = \sqrt{3I_P^2} = \sqrt{3} I_P \end{aligned}$$

অর্থাৎ, ব্যালেন লোডে ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে লাইন কারেন্ট ফেজ কারেন্টের $\sqrt{3}$ গুণ বেশি।



৪.১১ তিন ফেজ ডেল্টা সংযোজিত ব্যালেন লোডের পাওয়ার নির্ণয় সমীকরণ মনে করি, তিন ফেজ ব্যালেন লোডের ক্ষেত্রে -

লাইন ভোল্টেজ	= V_L , ভোল্টে
ফেজ ভোল্টেজ	= V_P , ভোল্টে
লাইন কারেন্ট	= I_L , অ্যাম্পিয়ারে
ফেজ কারেন্ট	= I_P , অ্যাম্পিয়ারে
প্রতি ফেজের পাওয়ার ফ্যাক্টর	= $\cos \theta$
তিন ফেজের মোট পাওয়ার	= P_t , ওয়াটে

আমরা জানি,

$$\begin{aligned} \text{সিঙ্গেল ফেজের পাওয়ার} & P_p = V_P I_P \cos \theta \\ \text{সুস্থম লোডের তিন ফেজের মোট পাওয়ার} & P_t = P_1 + P_2 + P_3 \end{aligned}$$

সুস্থম লোড অবস্থায় মনে করি,

$$\begin{aligned} P_1 &= P_2 = P_3 = P_p \\ \therefore P_t &= P_1 + P_2 + P_3 \\ &= P_p + P_p + P_p = 3P_p \\ &= 3V_P I_P \cos \theta \\ &= 3V_L \times \frac{I_L}{\sqrt{3}} \times \cos \theta \\ &= \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta \end{aligned}$$

ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে আমরা জানি,

$$[V_P = V_L \text{ এবং } I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}]$$

৪.১২ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যাবলি-১: একটি তিন ফেজ ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের 400V, সাইকেল 50, 4-Pole এবং 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরবিশিষ্ট ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষমতা 4kW হলে, এটির লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$$

$$\text{or, } \sqrt{3} \times 400 \times I_L \times 0.8 = 4,000$$

$$\text{or, } I_L = \frac{4000}{\sqrt{3} \times 400 \times 0.8}$$

$$= 7.216 \text{ Amp.}$$

$$I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$\therefore I_P = \frac{7.216}{\sqrt{3}} = 4.166 \text{ Amp.}$$

দেয়া আছে,

Connection = Delta

$$V_L = 400V$$

$$f = 50\text{Hz}$$

$$\cos\theta = 0.8$$

$$P = 4\text{kw} = 4000\text{w}$$

$$I_L = ?$$

$$I_P = ?$$

সমস্যাবলি-২: একটি তিন ফেজ অলটারনেটরের স্টেটর ওয়াইন্ডিং ডেল্টা সংযোগে আছে। যদি ফেজ ভোল্টেজ ও ফেজ কারেন্ট যথাক্রমে 400 ভোল্ট এবং 50 অ্যাম্পিয়ার হয়, তবে লাইন ভোল্টেজ ও লাইন কারেন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি, ডেল্টা সংযোগের ক্ষেত্রে -

$$V_P = V_L$$

$$= 400V$$

$$I_P = \frac{I_L}{\sqrt{3}}$$

$$\text{or, } I_L = \sqrt{3} I_P$$

$$= \sqrt{3} \times 50$$

$$= 86.60 \text{ Amp}$$

দেয়া আছে,

$$V_P = 400V$$

$$I_P = 50 \text{ Amp}$$

$$V_L = ?$$

$$I_L = ?$$

সমস্যাবলি-৩: একটি তিন ফেজ ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের লাইন ভোল্টেজ 400 ভোল্ট, লাইন কারেন্ট 25 অ্যাম্পিয়ার এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.85 হলে, ঐ সার্কিটের পাওয়ার নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$$

$$= \sqrt{3} \times 400 \times 25 \times 0.85$$

$$= 14722.43 \text{ w}$$

$$= 14.7224 \text{ kw}$$

দেয়া আছে,

Connection = Delta

$$V_L = 400V$$

$$I_L = 25\text{Amp}$$

$$\cos\theta = 0.85$$

$$P = ?$$

৪.১৩ স্টার ও ডেল্টা সংযোগের মধ্যে পার্থক্য

স্টার ও ডেল্টা সংযোগের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ -

ক্রমিক নং	পার্থক্যের বিষয়সমূহ	স্টার সংযোগ	ডেল্টা সংযোগ
১।	নিউট্রাল বিন্দু	স্টার সংযোগে নিউট্রাল বিন্দু থাকে।	ডেল্টা সংযোগে নিউট্রাল বিন্দু থাকে না।
২।	লাইন ও ফেজ ভোল্টেজের সম্পর্ক	$V_L = \sqrt{3} V_P$	$V_L = V_P$
৩।	লাইন ও ফেজ কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক	$I_L = I_P$	$I_L = \sqrt{3} I_P$
৪।	প্রতীক	একে Y দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।	একে Δ দ্বারা চিহ্নিত করা হয়।
৫।	সার্কিট গঠন	ডেল্টা সংযোগে তিনটি ফেজ একত্রে একটি ক্রোজড সার্কিট উৎপন্ন করে।	ডেল্টা সংযোগে তিনটি ফেজ একত্রে একটি ক্রোজড সার্কিট উৎপন্ন করে।

অনুশীলনী-৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। দুই ফেজ পদ্ধতির ফেজ ভোল্টেজের মধ্যে কৌণিক পার্থক্য কত?
- ২। তিন ফেজ পদ্ধতির ফেজ ভোল্টেজগুলোর মধ্যে কৌণিক পার্থক্য কত ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রি?
- ৩। তিন ফেজ পদ্ধতির ফেজ ভোল্টেজগুলোর মধ্যে কৌণিক পার্থক্য কত?
- ৪। ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজ কাকে বলে?
- ৫। লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট কাকে বলে?
- ৬। তিন ফেজ স্টার সংযুক্ত ব্যালেন্স পাওয়ার সিস্টেমের লাইন ও ফেজ কারেন্টের সম্পর্ক কী?
- ৭। তিন ফেজ স্টার সংযুক্ত ব্যালেন্স পাওয়ার সিস্টেমের লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক কী?
- ৮। তিন ফেজ পাওয়ার সিস্টেমকে কী কী পদ্ধতিতে সংযোগ করা যায়?
- ৯। নিউট্রাল বিন্দু কী?
- ১০। নিউট্রাল তার কী?
- ১১। ডেল্টা সংযোগের অপর নাম কী?
- ১২। ডেল্টা সংযোগে লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক কী?
- ১৩। ডেল্টা সংযোগে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক কী?
- ১৪। সুষম ডেল্টা সংযোগে পাওয়ার নির্ণয় সূত্রটি কী?
- ১৫। ডেল্টা সংযোগে লাইন ও ফেজ ভোল্টেজ সমান হয় কেন?
- ১৬। ডেল্টা সংযোগে লাইন ও ফেজ কারেন্ট সমান হয় না কেন?
- ১৭। সুষম ডেল্টা সংযোগে লাইন ও ফেজ কারেন্টের মধ্যকার কৌণিক ব্যবধান কত?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। তিন ফেজ সার্কিট সবচেয়ে বেশি ব্যবহার হবার কারণ কী?
- ২। তিন ফেজ চার তার স্টার সংযোগে নিউট্রাল তার কোনোটি চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।
- ৩। একটি তিন ফেজ স্টার পদ্ধতিতে লাইন ভোল্টেজ এবং ফেজ ভোল্টেজের অনুপাত নির্ণয় কর।
- ৪। তিন ফেজ চার তার স্টার পদ্ধতিতে ফেজ ভোল্টেজ 120V হলে লাইন ভোল্টেজ কত হবে নির্ণয় কর।
- ৫। তিন ফেজ স্টার সংযোগ বলতে কী বোঝায়?
- ৬। নিউট্রাল লাইনের প্রয়োজনীয়তা আলোচনা কর।
- ৭। একটি তিন ফেজ ডেল্টা পদ্ধতির সুষম লোডে ফেজ ভোল্টেজ 240V হলে লাইন ভোল্টেজ কত নির্ণয় কর।
- ৮। তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ বলতে কী বোঝায়?
- ৯। তিন ফেজ ডেল্টা পদ্ধতিতে পাওয়ার নির্ণয় সমীকরণ বের কর।
- ১০। ডেল্টা সংযোগের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ১১। তিন ফেজ সার্কিটের ব্যবহার সবচেয়ে বেশি হওয়ার কারণ কী?

সমস্যাগুলি

- ১। একটি 15H.P, 3-φ, 400V, 50Hz স্টার সংযুক্ত ইন্ডাকশন মোটরের কর্মদক্ষতা 80% এবং পাওয়ার ফ্যাক্টর 80% হলে, মোটরের কারেন্ট নির্ণয় কর। [$I_L = 25.236 \text{ Amp.}$]
- ২। একটি তিন ফেজ 400V, 50c/s, 4 pole, 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টর স্টার সংযুক্ত ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষমতা 4KW হলে, মোটরের লাইন ও ফেজ কারেন্ট নির্ণয় কর। [$I_L = 7.216 \text{ Amp, } I_P = 7.216 \text{ Amp.}$]
- ৩। একটি 3-φ, 4 pole, 30H.P ইন্ডাকশন মোটরে 400V এসি সরবরাহ দেয়া আছে। কিন্তু মোটরের পাওয়ার ফ্যাক্টর 0.8 ল্যাগিং হলে এর লাইন কারেন্ট নির্ণয় কর। [$I_L = 40.378 \text{ Amp}$]
- ৪। একটি তিন ফেজ ডেল্টা পদ্ধতির সুষম লোডে ফেজ ভোল্টেজ 240V হলে লাইন ভোল্টেজ নির্ণয় কর। [$V_L = 240V$]
- ৫। একটি কারখানায় 440V, 50Hz, 0.6 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে একটি ইন্ডাকশন মোটর 90KW লোডে ডেল্টা সংযোগে চলছে। তবে ইন্ডাকশন মোটরের লাইন ও ফেজ কারেন্ট নির্ণয় কর। [$I_L = 146.83 \text{ Amp, } I_P = 84.77 \text{ Amp.}$]
- ৬। একটি শিল্প-কারখানায় 440V, 50Hz, 0.707 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে 90% কর্মদক্ষতাসম্পন্ন ইন্ডাকশন মোটর 50 অশ্বক্ষমতায় ডেল্টায় সংযুক্ত আছে। যদি মোটর চালু করা হয়, তবে এর কারেন্ট নির্ণয় কর। [$I_L = 76.918 \text{ Amp, } I_P = 44.409 \text{ Amp.}$]

- ৭। একটি বয়লার কারখানায় একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর 440V, 50Hz, 0.8 ল্যাগিং পাওয়ার ফ্যাক্টরে কাজ করছে। মোটরের আউটপুট 150KW এবং কর্মদক্ষতা 90% হয়, তবে ডেল্টা সংযোগে এর লাইন কারেন্ট নির্ণয় কর। [$I_L = 203.93 \text{ Amp}$]
- ৮। একটি কারখানায় 3-φ, 440V, 50Hz এসি সরবরাহ দেয়া আছে। যদি মোটরের কর্মদক্ষতা 80% এবং 85% পাওয়ার ফ্যাক্টরে চলে 12A লাইন কারেন্ট গ্রহণ করে তবে মোটরের পাওয়ার নির্ণয় কর। [$P = 8.336 \text{ H.P}$]

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ২। তিন ফেজ স্টার সংযোজিত সার্কিটে ফেজ কারেন্ট ও লাইন কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ৩। তিন ফেজ ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটের ফেজ ভোল্টেজ ও লাইন ভোল্টেজের সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ৪। তিন ফেজ ব্যালেন্স লোড ডেল্টা সংযোজিত সার্কিটে লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্টের মধ্যে সম্পর্ক আলোচনা কর।
- ৫। তিন ফেজ স্টার ও ডেল্টা সংযোজিত সার্কিট হতে প্রমাণ কর যে, $P_t = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$ । এখানে P_t , V_L , I_L , $\cos\theta$ প্রচলিত অর্থ বহন করে

পঞ্চম অধ্যায় ডিসি জেনারেটর

৫.১ ডিসি জেনারেটর

জেনারেটর ইনপুট হিসেবে যান্ত্রিক শক্তি গ্রহণ করে এবং আউটপুট হিসেবে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করে। সুতরাং জেনারেটর এমন একটি যন্ত্র অথবা মেশিন যার সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। আর এ রূপান্তর কাজের জন্য প্রয়োজন একটি চৌম্বকক্ষেত্র ও একটি আর্মেচার। আর্মেচারের উপরিভাগে তারের কয়েল প্যাচানো হয় এবং একে যান্ত্রিক শক্তির সাহায্যে চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয়। যে যন্ত্রের সাহায্যে আর্মেচারকে ঘুরানো হয়, তাকে প্রাইমমুভার বলে। বৈদ্যুতিক জেনারেটরের সাহায্যে কৌশলগত কিছু পরিবর্তনের মাধ্যমে এসি ও ডিসি এই দুই ধরনের বিদ্যুৎ শক্তিই উৎপন্ন করা যায়। যখন জেনারেটরের যান্ত্রিক শক্তিকে ডিসি বৈদ্যুতিক শক্তিকে রূপান্তরিত করা হয়, তখন তাকে ডিসি জেনারেটর বলে।

৫.২ ডিসি জেনারেটরের শ্রেণিবিভাগ

ডিসি জেনারেটরের শ্রেণিবিভাগ নিম্নে দেয়া হলো –

ডিসি জেনারেটর প্রধানত দুই প্রকার। যথা –

(ক) সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর এবং

(খ) সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর।

আবার, সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর তিন প্রকার। যথা –

(ক) সিরিজ জেনারেটর;

(খ) শাণ্ট জেনারেটর এবং

(গ) কম্পাউন্ড জেনারেটর।

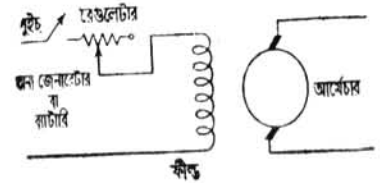
আবার, কম্পাউন্ড জেনারেটর দুই প্রকার। যথা –

(ক) লং শাণ্ট এবং

(খ) শর্ট শাণ্ট।

৫.৩ বিভিন্ন প্রকার ডিসি জেনারেটর

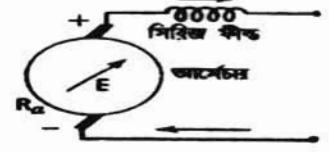
সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর: যে সকল জেনারেটরের ক্ষেত্রে পৃথক একটি ডিসি সরবরাহ বা সঞ্চয়ী ব্যাটারির সাহায্যে কারেন্ট সরবরাহ করে উত্তেজিত করা হয়, তাকে সেপারেটলি এক্সাইটেড জেনারেটর বলে।



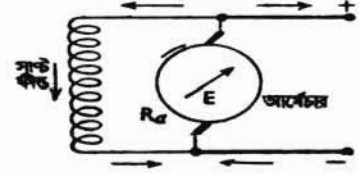
সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর: যে সকল জেনারেটরের ক্ষেত্রে জেনারেটর কর্তৃক উৎপাদিত কারেন্ট দ্বারা উত্তেজিত করা হয়, তাকে সেলফ এক্সাইটেড জেনারেটর বলে।



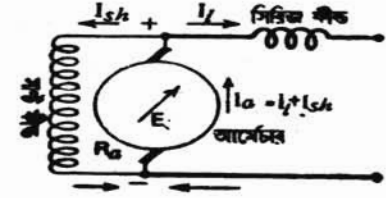
সিরিজ জেনারেটর: যে জেনারেটরের ফিল্ড কয়েল আর্মচারের সাথে সিরিজে সংযোগ থাকে, তাকে সিরিজ জেনারেটর বলে।



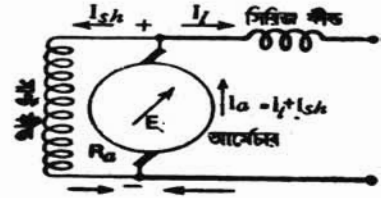
শাট জেনারেটর: যে জেনারেটরের ফিল্ড কয়েল আর্মচারের সাথে প্যারাললে সংযোগ থাকে, তাকে শাট জেনারেটর বলে।



কম্পাউন্ড জেনারেটর: যে জেনারেটরে দুইটি ফিল্ড কয়েল থাকে, একটি আর্মচারের সাথে প্যারাললে এবং অন্যটি সিরিজে সংযোগ থাকে, তাকে কম্পাউন্ড জেনারেটর বলে।



শর্ট শাট কম্পাউন্ড জেনারেটর: যে জেনারেটরের আর্মচারের প্যারাললে শাট-ফিল্ড এবং সিরিজ ফিল্ড কয়েল সংযোগ করা হয়, তাকে শর্ট-শাট কম্পাউন্ড জেনারেটর বলে।



লং শাট কম্পাউন্ড জেনারেটর: যে জেনারেটরের আর্মচারের সাথে ফিল্ড কয়েল সিরিজে এবং শাট ফিল্ড কয়েল প্যারাললে সংযোগ করা হয়, তাকে লং-শাট কম্পাউন্ড জেনারেটর বলে।



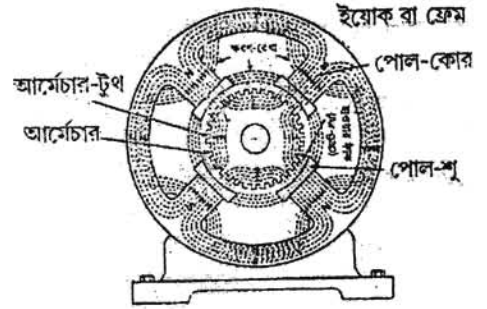
৫.৪ ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ

ডিসি জেনারেটর দুটি সার্কিট নিয়ে গঠিত। যথা -

- (১) ম্যাগনেটিক সার্কিট এবং
- (২) বৈদ্যুতিক সার্কিট।

ম্যাগনেটিক সার্কিট নিম্নলিখিত অংশগুলো নিয়ে গঠিত -

- (১) ইয়োক বা ফ্রেম;
- (২) পোল কোর ও পোল স্যু;
- (৩) আর্মেচার কোর;
- (৪) এয়ার গ্যাপ ইত্যাদি।



বৈদ্যুতিক সার্কিট নিম্নলিখিত অংশগুলো নিয়ে গঠিত -

- (১) ফিল্ড কয়েল;
- (২) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং;
- (৩) কম্যুটেটর;
- (৪) ব্রাশ ইত্যাদি।

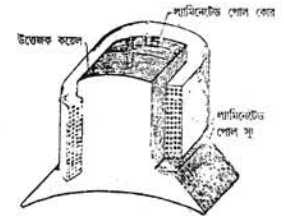


ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের বর্ণনা-

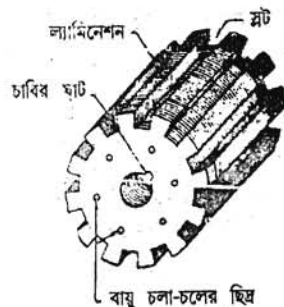
ইয়োক: এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি। এটি সমগ্র মেশিনের বহিরাবরণ। এর প্রধান দুটি কাজের মধ্যে একটি হলো - পোল ও বিয়ারিং হাউসকে ধরে রাখা এবং অপরটি হলো - পোলের চৌম্বক প্রবাহের পথ তৈরি করে দেয়া।

পোল স্যু: পোল কোরের প্রান্ত ভাগ বৃত্তাকার হয় এবং দুদিকে কিছুটা প্রসারিত থাকে, তাকে পোল স্যু বলে। এতে ফিল্ড কয়েলকে কোরের চারপাশে ধরে রাখতে সুবিধা হয়।

পোল কোর: পোল কোর ইস্পাতের তৈরি। এটি ঢালাই ইস্পাতের পাতলা পাতলা শীট একত্রে রিভেট করে তৈরি করা হয়। শীটগুলোর মাঝখানে ইনসুলেশন দেয়া থাকে। ঢালাই লোহার পরিবর্তে ঢালাই ইস্পাত ব্যবহার করা হয়।



আর্মেচার কোর: আর্মেচার কোর গোলাকার ইস্পাত শীট দ্বারা তৈরি করা হয়। এ শীটগুলো সাধারণত ০.৪ মিলিমিটার হতে ০.৫ মিলিমিটার পুরু হয় এবং এদের মধ্যে ইনসুলেশন দেয়া থাকে।



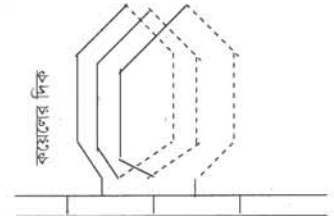
এয়ার গ্যাপ: পোল ও আর্মেচারের মধ্যবর্তী ফাঁকা জায়গাকে এয়ার গ্যাপ বলে। এ ফাঁক যত বেশি হবে চুম্বক পথের বাধা ততো বেশি হবে।

ফিল্ড কয়েল: পোল কোরের উপর সুপার এনামেল কপার ওয়্যার বসিয়ে ফিল্ড কয়েল তৈরি করা হয়। এটি জেনারেটরের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ।

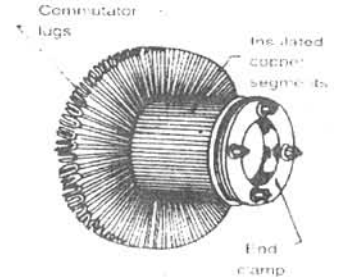


আর্মেচার কোর

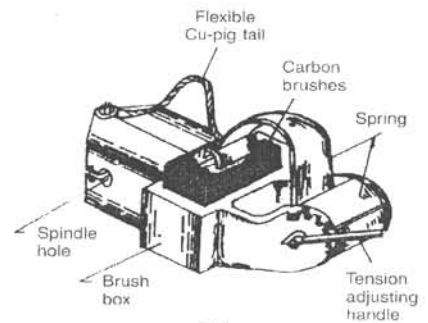
আর্মেচার ওয়াইন্ডিং: আর্মেচার ওয়াইন্ডিংকে জেনারেটরের প্রাণ হিসেবে ধরা হয়। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দ্বারা তৈরি করা হয়। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং ছাড়া জেনারেটর কল্পনা করা যায় না।



কম্যুটেটর: শক্ত তামার পুরু পাত বা বার পরপর সাজিয়ে বেলুনাকারে কম্যুটেটর তৈরি করা হয়। পুরু পাত বা বারকে সেগমেন্ট বলে। কম্যুটেটরের প্রধান কাজ এসি কারেন্টকে ডিসি কারেন্টে রূপান্তরিত করা।

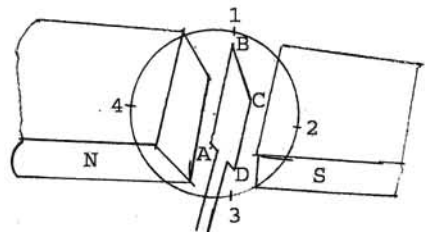


কার্বন ব্রাশ: সাধারণত বিশুদ্ধ কার্বন দ্বারাই কার্বন ব্রাশ তৈরি করা হয়। তবে কোনো কোনো ক্ষেত্রে কার্বনের সাথে কিছু ধাতব চূর্ণও মিশ্রিত করা হয়। ঘুরন্ত কম্যুটেটর হতে কারেন্ট সংগ্রহ করে বহিঃসার্কিটে প্রেরণ করাই ব্রাশের কাজ।



৫.৫ মৌলিক ডিসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি

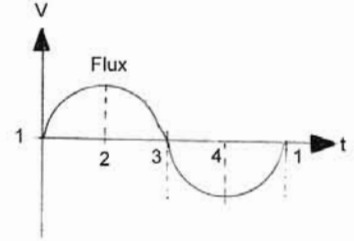
ডিসি জেনারেটরের কাজ যান্ত্রিক শক্তিকে তড়িৎ শক্তিতে রূপান্তরিত করে ডাইরেক্ট কারেন্ট (ডিসি) উৎপন্ন করা। যান্ত্রিক শক্তিতে তড়িৎশক্তিতে রূপান্তরিত করার জন্য প্রয়োজন একটি আর্মেচার ও



একটি চৌম্বকক্ষেত্র। আর্মেচারের উপরিভাগে বসানো হয় পরিবাহী কয়েল এবং একে প্রাইমমুভারের সাহায্যে চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে ঘুরানো হয়। পাশে একটি মৌলিক ডিসি জেনারেটরের গঠন অঙ্কন [চিত্র: ৫.১৬] করে দেখানো হলো।

যখন কোনো পরিবাহী চুম্বক ফ্লাক্সকে কাট করে তখন ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতি অনুসারে এ পরিবাহীতে ই.এম.এফ উৎপন্ন হয়।

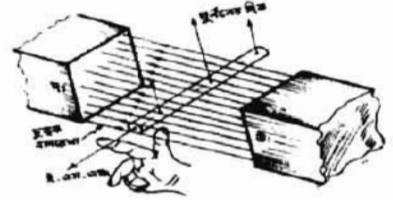
মনে করি, চিত্রানুযায়ী একটি একপাকবিশিষ্ট ABCD কয়েল চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে নিজ অক্ষের চারদিকে ঘুরছে। যখন কয়েলটি ১নং অবস্থানে তখন কয়েলের ঘূর্ণন দিক ফ্লাক্সের দিকের সমান্তরাল এবং সে মুহূর্তে কোনো ই.এম.এফ উৎপন্ন হয় না। যখন কয়েল ২নং অবস্থানে তখন কয়েলের ঘূর্ণন দিক ফ্লাক্সের দিকের সাথে 90° তে থাকে। বিধায়, তখন পরিবাহীতে সর্বোচ্চ ই.এম.এফ উৎপন্ন হয়। এভাবে ৩ নং অবস্থানে ই.এম.এফ শূন্য এবং ৪নং অবস্থানে ঋণাত্মক সর্বোচ্চ ই.এম.এফ উৎপন্ন হয়।



পাশে [চিত্র: ৫.১৭] একটি পূর্ণ সাইকেলে কয়েলের বিভিন্ন অবস্থানে উৎপন্ন ই.এম.এফ দেখানো হয়েছে। এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন যে, জেনারেটর বা ডায়নামো সবসময় পরিবর্তী ভোল্টেজ উৎপন্ন করে। ডিসি ভোল্টেজের ক্ষেত্রে কম্যুটেটরের মাধ্যমে ঐ পরিবর্তী ভোল্টেজকে ডিসি হিসেবে বহিঃবর্তনীতে আনা হয়। এভাবে ডিসি জেনারেটর কাজ করে।

৫.৬ ফ্লেমিংয়ের ডানহাতি নিয়ম

ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতির ফলে ডিসি জেনারেটরে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। লেজের সূত্র অনুযায়ী এ ভোল্টেজের দিক এমন হয় যে, এর দ্বারা সৃষ্ট কারেন্ট ফ্লাক্সের পরিবর্তনে বাধা দেয়। এ ধরনের বাধাকে ব্যাক ই.এম.এফ বলে।



তাই লেজের সূত্র ব্যবহার করে জেনারেটরের ভোল্টেজের দিক নির্ণয়

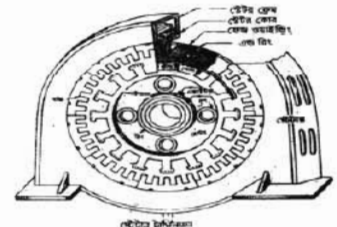
করা যায় না। জেনারেটরের উৎপন্ন ভোল্টেজের দিক নির্ণয় করার জন্য ফ্লেমিংয়ের ডানহাতি নিয়ম অনুসরণ করা হয়।

নিয়মটি হলো - ডান হাতের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী ও মধ্যমাঙ্গুলো পরস্পরের সাথে সমকোণে প্রসারিত করলে যদি তর্জনী চুম্বক বলরেখার দিক বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহী তারের ঘূর্ণনের দিক নির্দেশ করে, তবে মধ্যমাঙ্গুলো উৎপাদিত ভোল্টেজের দিক নির্দেশ করবে।

এ সূত্র জেনারেটরের উৎপন্ন তড়িৎচালক বল ও কারেন্টের দিক নির্ণয়ের জন্য ব্যবহার করা হয়।

৫.৭ ডিসি জেনারেটরের কিস্তির কাজ

ডিসি জেনারেটরের কিন্তু ম্যাগনেটিক কয়েল দ্বারা তৈরি করা হয়ে থাকে। জেনারেটরে ভোল্টেজ উৎপন্ন করার জন্য যে ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স প্রয়োজন হয় তা কিন্তু কয়েলে উৎপন্ন হয়। এ ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স আর্মেচারকে কাট করলে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় যার ফলে আর্মেচার ঘোরে। কিন্তু কয়েলের কারেন্ট কম-বেশি করে উৎপন্ন ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রণ করা যায়। এজন্য ডিসি জেনারেটরে কীন্ডার প্রয়োজন হয়। চিত্র: ৫.১২-এ অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।



৫.৮ ডিসি জেনারেটরের আর্মেচারের কাজ

ডিসি জেনারেটরের ঘুরন্ত অংশকে আর্মেচার বলে। এ আর্মেচার ম্যাগনেটিক ফিল্ডের মধ্যে ঘোরার ফলে চুম্বক বলরেখাকে কাট করে। ফলে পরিবাহী তারের মধ্যে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। আর্মেচার দুই মেরুর মধ্যে বসানো থাকে বলে ম্যাগনেটিক রিল্যাকট্যান্স কম হয়। ফলে শক্তিশালী ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। এভাবে ডিসি জেনারেটরে আর্মেচার কাজ করে।

৫.৯ ডিসি জেনারেটরের ব্রাশ ও কম্যুটেটরের কাজ

ডিসি জেনারেটরের ব্রাশের কাজ: সাধারণত বিদ্যুৎ কার্বন দ্বারা ব্রাশ তৈরি করা হয়। কিন্তু কোনো কোনো ক্ষেত্রে কপারের পাত দ্বারাও ব্রাশ তৈরি করা হয়। কপার দ্বারা ব্রাশ তৈরি করলে অগ্নিস্ফুলিঙ্গ বেশি হয় বিধায় কপার পাতের পরিবর্তে গ্রাফাইট কার্বন ব্যবহার করা হয়। ঘুরন্ত কম্যুটেটর হতে ডিসি কারেন্ট সংগ্রহ করে বহিঃসার্কিটে প্রেরণ করাই ব্রাশের প্রধান কাজ। চিত্র: ৫.১৫-এ অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

কম্যুটেটরের কাজ: শক্ত তামার পুরু পাত বা বার পরপর সাজিয়ে বেলুনাকারে কম্যুটেটর তৈরি করা হয়। পুরু পাত বা বারকে সেগমেন্ট বলে। কম্যুটেটরের প্রধান কাজ এসি কারেন্টকে ডিসি কারেন্টে রূপান্তরিত করা। চিত্র: ৫.১৪-এ অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

৫.১০ ডিসি জেনারেটরে কিন্তু রেগুলেটরের প্রয়োজনীয়তা

ডিসি জেনারেটরের উৎপাদিত ভোল্টেজের সূত্রটি হলো -

$$E_g = \frac{\theta ZNP}{60A} \text{ ভোল্ট}$$

এখানে,

E_g = জেনারেটরের উৎপাদিত ভোল্টেজ, ভোল্টে

θ = প্রতি পোলের ফ্লাক্স সংখ্যা, ওয়েভারে

Z = আর্মেচার পরিবাহীর সংখ্যা

P = পোল সংখ্যা

A = আর্মেচার প্যারালাল পথের সংখ্যা এবং

N = আর্মেচারের ঘূর্ণন গতিবেগের সংখ্যা।

ল্যাপ ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A = P$ অর্থাৎ আর্মেচারে প্যারালাল পথের সংখ্যা ও পোল সংখ্যা সমান। কিন্তু ওয়েভ ওয়াইন্ডিংয়ের ক্ষেত্রে $A = 2P$ ধরা হয়।

কোনো নির্দিষ্ট জেনারেটরের ক্ষেত্রে এর আর্মেচার কন্ডাক্টর সংখ্যা, পোল ও প্যারালাল পথের সংখ্যা প্রস্তুতকালেই নির্দিষ্ট করা থাকে। পরিচালনার সময় এদের কোনোরূপ পরিবর্তন করা সম্ভব নয়। জেনারেটরের প্রাইমমুভারের ঘূর্ণন গতিবেগ পরিবর্তন করে অথবা উভয়ের পরিবর্তন করে উৎপাদিত ভোল্টেজের পরিমাণ কম-বেশি করা যায়।

জেনারেটরের উৎপাদিত ভোল্টেজ এবং টার্মিনাল ভোল্টেজ সমান নয়। উৎপাদিত ভোল্টেজ হতে এর অভ্যন্তরীণ কিছু ভোল্টেজ ড্রপ বাদ দিয়ে বাকি ভোল্টেজ টার্মিনালে পাওয়া যায়। একে আউটপুট ভোল্টেজ বলে।

জেনারেটরের অভ্যন্তরীণ ভোল্টেজ ড্রপ, লোড কারেন্টের উপর নির্ভর করে। ফলে জেনারেটরের লোড কারেন্ট পরিবর্তনের সাথে সাথে টার্মিনাল ভোল্টেজ কম-বেশি হয়।

জেনারেটরের টার্মিনাল ভোল্টেজ প্রয়োজন অনুযায়ী সঠিক মানে রাখার জন্য এবং ফিল্ড সার্কিটের কারেন্ট নিয়ন্ত্রণ করার জন্য ফিল্ড রেগুলেটর ব্যবহার করা হয়। প্রকৃতপক্ষে ফিল্ড রেগুলেটর একটি পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স।

৫.১১ ডিসি জেনারেটরের লসসমূহ

মেশিনের বাইরে হতে যত শক্তি গ্রহণ করে, তত শক্তি লোডে কখনও সরবরাহ করতে পারে না। কারণ, মেশিনে নানাভাবে কিছু না কিছু শক্তির অপচয় হয়। এ অপচয়কে লসসমূহ বলে। তাই, মেশিনের কর্মদক্ষতা সর্বদা একের চেয়ে কম হয়। মেশিনে যে সমস্ত অপচয় হয় তা নিম্নে দেয়া হলো –

- (১) তামার অংশের অপচয়;
- (২) লোহার অংশের অপচয়;
- (৩) ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয়।

৫.১২ ডিসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি

জেনারেটরকে পরিচালনার জন্য যে শক্তি বাইরে থেকে দেয়া হয় তাকে ইনপুট এবং জেনারেটর থেকে যে শক্তি উৎপন্ন হয় তাকে আউটপুট শক্তি বলে। সুতরাং, ডিসি জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি এবং গৃহীত শক্তির অনুপাতকে ডিসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি বা কর্মদক্ষতা বলে। একে η দ্বারা প্রকাশ করা হয়। এটিকে 100 দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা যায়।

$$\therefore \% \eta = \frac{\text{আউটপুট}}{\text{ইনপুট}} \times 100$$

$$= \frac{\text{আউটপুট}}{\text{আউটপুট} + \text{লসসমূহ}} \times 100$$

মেশিনের বাইরে হতে যত শক্তি গ্রহণ করে, তত শক্তি লোডে কখনও সরবরাহ করতে পারে না। ফলে মেশিনে নানাভাবে কিছু না কিছু শক্তির অপচয় হয়। এ অপচয়কে লসসমূহ বলে। তাই, মেশিনের কর্মদক্ষতা সর্বদা একের চেয়ে কম হয়। মেশিনে যে সমস্ত অপচয় হয় তা নিম্নে দেয়া হলো –

- (১) তামার অংশের অপচয়;
- (২) লোহার অংশের অপচয়;
- (৩) ঘর্ষণ ও হাওয়া কাটার জন্য অপচয়।

৫.১৩ ডিসি জেনারেটরের ভোল্টেজ রেগুলেশন

জেনারেটরের গতিবেগ অপরিবর্তিত থাকলেও লোড বৃদ্ধির সাথে সাথে ফুল লোড ভোল্টেজের পরিবর্তন হয়। অর্থাৎ, টার্মিনাল ভোল্টেজ কমে। এ পরিবর্তন সাধারণত আর্মেচার প্রতিক্রিয়া, আর্মেচার রেজিস্ট্যান্স, আর্মেচার রিয়াকট্যান্স ইত্যাদির কারণে হয়ে থাকে। নো-লোড ভোল্টেজ হতে ফুল লোড ভোল্টেজ পার্থক্য করলে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় সে ভোল্টেজের সাথে ফুল-লোড ভোল্টেজের অনুপাতকে জেনারেটরের ভোল্টেজ রেগুলেশন বলে। এটিকে V.R. দ্বারা সূচিত করা হয়। একে 100 দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

$$\therefore \%V.R. = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

এখানে,

$\%V.R.$ = শতকরা ভোল্টেজ রেগুলেশন

V_{NL} = নো-লোড ভোল্টেজ

V_{FL} = ফুল লোড ভোল্টেজ

অনুশীলনী-৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। জেনারেটর কী?
- ২। জেনারেটর কত প্রকার ও কী কী?
- ৩। ডিসি জেনারেটর কী?
- ৪। ডিসি পেতে হলে আর্মেচার কয়েলের সাথে কী ব্যবহার করতে হয়?
- ৫। আর্মেচার তৈরির জন্য কী প্রয়োজন?
- ৬। ব্রাশ তৈরি করা হয় কী দিয়ে?
- ৭। জেনারেটরের দক্ষতা নির্ণয়ের সূত্রটি কী?
- ৮। কার্বন ব্রাশ কোথায় ব্যবহার করা হয়?
- ৯। কার্বন ব্রাশ ব্যবহারের সুবিধা কী?
- ১০। কম্যুটেটরের ব্রাশ কোথায় স্থাপন করা হয়?
- ১১। সিরিজ জেনারেটর কী?
- ১২। শান্ট জেনারেটর কী?
- ১৩। কম্পাউন্ড জেনারেটর কী?
- ১৪। জেনারেটরের ভোল্টেজ রেগুলেশনের সূত্রটি লেখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ডিসি জেনারেটরের শ্রেণিবিভাগ লেখ।
- ২। ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের নাম লেখ।
- ৩। কম্যুটেটর কী? কম্যুটেটরের কাজ কী?
- ৪। ব্রাশ কিসের তৈরি? ব্রাশের কাজ কী?
- ৫। ডিসি জেনারেটরে ফীল্ডের কাজ বর্ণনা কর।
- ৬। ডিসি জেনারেটরে আর্মেচারের কাজ বর্ণনা কর।
- ৭। ফ্লুমিংয়ের ডানহাতি নিয়ম লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ডিসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি বলতে কী বোঝায়?
- ২। ডিসি জেনারেটরের ভোল্টেজ রেগুলেশন বলতে কী বোঝায়?
- ৩। মৌলিক ডিসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।
- ৪। ডিসি জেনারেটরের ফিল্ড রেগুলেটরের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

ষষ্ঠ অধ্যায় এসি জেনারেটর

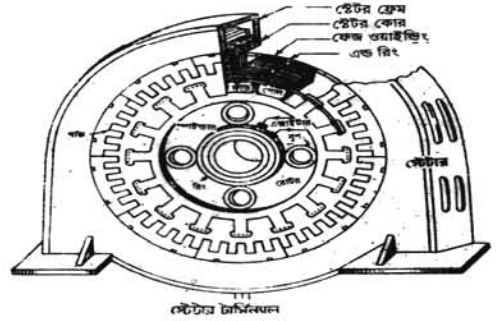
৬.১ এসি জেনারেটর

যে যন্ত্রের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তিকে পরিবর্তিত মানের ভোল্টেজে রূপান্তরিত করা হয়, তাকে এসি জেনারেটর বলে। ডিসি জেনারেটর ও এসি জেনারেটরের উভয়ের মধ্যে পরিবর্তিত ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। ডিসি জেনারেটরে উৎপন্ন এসি ভোল্টেজ কম্যুটেটর ও ব্রাশের মাধ্যমে একমুখী কারেন্ট প্রবাহে রূপান্তরিত করে। আর এসি জেনারেটরে উৎপন্ন এসি ভোল্টেজ স্লিপ রিংয়ের মাধ্যমে পরিবর্তিত ভোল্টেজ হিসেবে বহিঃবর্তনীতে প্রেরণ করা হয়।

৬.২ এসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ

এসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশের নাম নিম্নে দেয়া হলো -

- (১) আর্মচার;
- (২) রোটর;
- (৩) প্রাইমমুভার;
- (৪) এক্সাইটার;
- (৫) স্লিপ রিং;
- (৬) কার্বন ব্রাশ।

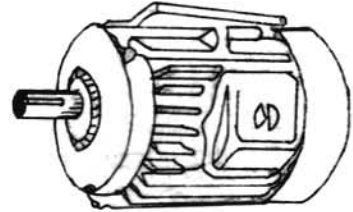


পাশে এসি জেনারেটরের গঠন [চিত্র: ৬.১] অঙ্কন করে বিভিন্ন অংশের বর্ণনা দেয়া হলো:

আর্মচার: অল্টারনেটরের স্থির অংশকে আর্মচার বলে। আর্মচার দেখতে অনেকটা ড্রামের মতো। অল্টারনেটরের উপরের বডি সাধারণত কাস্ট আয়রনের ফ্রেম দ্বারা তৈরি করা হয়। ফ্রেমের কাজ আর্মচারকে আটকে রাখা।

রোটর: অল্টারনেটরের ঘূর্ণায়মান অংশকে রোটর বা ফিল্ড বলে। রোটর দেখতে অনেকটা ফ্লাই হুইলের মতো। যার ভিতর N pole ও S pole সৃষ্টি করা হয়। উক্ত পোলগুলোতে 125V হতে 250V ডিসি সাপ্লাইয়ের সাহায্যে উত্তেজিত করা হয়।

প্রাইমমুভার: প্রাইমমুভার এমন একটি ইঞ্জিন, যার সাহায্যে অল্টারনেটরের রোটরকে ঘুরানো হয়। প্রাইমমুভার হিসেবে পেট্রোল ইঞ্জিন, ডিজেল ইঞ্জিন, টারবাইন অথবা বৈদ্যুতিক মোটরও ব্যবহার করা হয়।



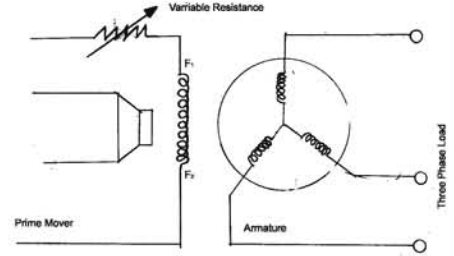
এক্সাইটার: ডিসি সাপ্লাইয়ের উদ্দেশ্যে অল্টারনেটরের রোটর শ্যাফটের সাথে একটি ডিসি শান্ট জেনারেটর বসানো থাকে, তাকে এক্সাইটার বলে। অল্টারনেটরের ফিল্ড কয়েলকে উত্তেজিত করার জন্য এক্সাইটার ব্যবহার করা হয়।

স্লিপ রিং: স্লিপ রিং পিতলের তৈরি যা কতগুলো সেগমেন্টে বিভক্ত করা থাকে। অল্টারনেটরের রোটরের সাথে দুই বা ততোধিক স্লিপ রিং লাগানো থাকে।

কার্বন ব্রাশ: এটি কার্বনের তৈরি। কার্বন ব্রাশ স্লিপ রিংয়ের উপর বসানো থাকে, যার সাহায্যে রোটর ওয়াইন্ডিংকে এক্সাইটেশন করার জন্য ডিসি সাপ্লাই দেয়া হয়।

৬.৩ মৌলিক এসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি

ডিসি জেনারেটরের ন্যায় ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশনের মূলতত্ত্বের উপর ভিত্তি করে এসি জেনারেটর কাজ করে। পাশে এসি জেনারেটরের গঠন [চিত্র: ৬.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো। এসি জেনারেটরে আর্মেচার বা স্টেটর স্থির থাকে। আর ফিল্ড আর্মেচারের মধ্যে ঘোরে। প্রাইমমুভারের সাহায্যে



ফিল্ড বা রোটরকে ঘুরালে চৌম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। তখন ফিল্ড কয়েলে ডিসি সাপ্লাই দিলে রোটর ক্লাব্ব আর্মেচার কন্ডাক্টরসমূহকে কাট করে। ফলে ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতি অনুসারে এসি জেনারেটরে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এ অন্টারনেটিং ভোল্টেজকে স্লিপ রিং ও ব্রাশের সাহায্যে বহিঃবর্তনীতে এনে লোডে সরবরাহ দেয়া হয়। এভাবে এসি জেনারেটর কাজ করে থাকে।

৬.৪ এসি জেনারেটরের ফিল্ড এক্সাইটেশন পদ্ধতি

এসি জেনারেটরে প্রয়োজনীয় পরিমাণ ভোল্টেজ উৎপন্ন করার জন্য ফিল্ড কয়েলে ডিসি সাপ্লাই দেয়াকে ফিল্ড এক্সাইটেশন বলে। রোটরের দুটি স্লিপ রিং ও কার্বন ব্রাশের মাধ্যমে এসি জেনারেটরের ফীল্ডে সাপ্লাই দেয়া হয়।

ফিল্ড এক্সাইটেশনের বিভিন্ন পদ্ধতি নিম্নে দেয়া হলো -

- (১) কোনো এসি জেনারেটরের রোটর শ্যাফটের সাথে একটি সেলফ এক্সাইটেড শাট বা কম্পাউন্ড ডিসি জেনারেটর চালানো হয়। উক্ত জেনারেটরের উৎপাদিত ডিসি ভোল্টেজ এসি জেনারেটরের ফিল্ড এক্সাইটেশনের জন্য ব্যবহৃত হয়।
- (২) এসি জেনারেটরের উৎপাদিত ভোল্টেজকে রেকটিফায়ারের মাধ্যমে ডিসি করে এসি জেনারেটরের ফিল্ড এক্সাইটেশনের জন্য ব্যবহৃত হয়।
- (৩) ছোট এসি জেনারেটরে ফিল্ডকে স্থির রেখে আর্মেচারকে ঘোরানো হয় এবং সেক্ষেত্রে ঘুরন্ত আর্মেচার হতে স্লিপ রিং ও ব্রাশের সাহায্যে যে এসি বৈদ্যুতিক শক্তি পাওয়া যায়। এসব ক্ষেত্রে এসি ওয়াইন্ডিংয়ের উপর অন্য একটি ছোট ডিসি ওয়াইন্ডিং হয়। স্লিপ রিংয়ের অপর প্রান্তে কম্যুটেটর বসিয়ে তার সাথে ডিসি ওয়াইন্ডিং সংযোগ করা হয়। আর্মেচারের ডিসি ওয়াইন্ডিংয়ে উৎপাদিত ভোল্টেজ কম্যুটেটর ও ব্রাশের সাহায্যে সংগ্রহ করে ফিল্ড এক্সাইটেশন দেয়া হয়।

৬.৫ এসি জেনারেটরের স্লিপ রিংয়ের কাজ

স্লিপ রিং পিতলের তৈরি যা কতগুলো সেগমেন্টে বিভক্ত করা থাকে। অন্টারনেটরের রোটরের সাথে দুই বা ততোধিক স্লিপ রিং লাগানো থাকে।

এসি জেনারেটরে উৎপন্ন অন্টারনেটিং ভোল্টেজকে স্লিপ রিংয়ের মাধ্যমে বহিঃবর্তনীতে প্রেরণ করাই স্লিপ রিংয়ের কাজ।

৬.৬ এসি জেনারেটরের লসসমূহ

এসি জেনারেটরের বাইরে থেকে যত শক্তি গ্রহণ করে তত শক্তি লোডে কখনও সরবরাহ করতে পারে না। ফলে এসি জেনারেটরের নানাভাবে কিছু না কিছু শক্তির অপচয় হয়। এ অপচয়কে এসি জেনারেটরের লসসমূহ বলে।

এসি জেনারেটরে যে সমস্ত অপচয় হয় তা নিম্নে দেয়া হলো -

- (১) রোটেশন লস;
- (২) কপার লস;
- (৩) কোর লস;
- (৪) ব্রাশ ফ্রিকশন লস।

৬.৭ এসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি

এসি জেনারেটরকে পরিচালনার জন্য যে শক্তি বাইরে থেকে দেয়া হয়, তাকে গৃহীত শক্তি এবং জেনারেটর থেকে যে শক্তি উৎপন্ন হয়, তাকে উৎপাদিত শক্তি বলে। এসি জেনারেটরের উৎপাদিত শক্তি ও গৃহীত শক্তির অনুপাতকে এসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি বা কর্মদক্ষতা বলে। এটিকে η দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একে 100 দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা যায়।

$$\therefore \text{কর্মদক্ষতা}\% = \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{গৃহীত শক্তি}} \times 100$$

$$= \frac{\text{উৎপাদিত শক্তি}}{\text{উৎপাদিত শক্তি} + \text{লসসমূহ}} \times 100$$

৬.৮ এসি ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য

নিম্নে এসি জেনারেটর ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য দেয়া হলো -

ক্রমিক নং	পার্থক্যের বিষয়	এসি জেনারেটর	ডিসি জেনারেটর
১।	সংজ্ঞা	যে জেনারেটরে স্লিপ রিং থাকে, তাকে এসি জেনারেটর বলে।	যে জেনারেটরে কম্যুটেটর থাকে, তাকে ডিসি জেনারেটর বলে।
২।	আর্মেচার ওয়াইন্ডিং	এতে আর্মেচার ওয়াইন্ডিং খোলা থাকে।	এতে আর্মেচার ওয়াইন্ডিং বন্ধ থাকে।
৩।	ফিল্ড সাপ্লাই	ফীল্ডে ডিসি সাপ্লাই দেয়া হয়।	ফীল্ডে আলাদা ডিসি সাপ্লাইয়ের প্রয়োজন হয় না।
৪।	ঘূর্ণায়মান অংশ	ফিল্ড অথবা আর্মেচার উভয়ই যে কোনোটি ঘোরে।	ডিসি জেনারেটরে আর্মেচার ঘোরে।
৫।	ফিল্ড কোর তৈরি	ফিল্ড কোর লেমিনেটেড সীট দ্বারা তৈরি।	ঢালাই লোহা দ্বারা তৈরি।
৬।	এক্সট্রাইটার	এসি জেনারেটরে এক্সট্রাইটারের প্রয়োজন হয়।	সেলফ এক্সট্রাইটেড আলাদা ডিসি জেনারেটরে এক্সট্রাইটারের প্রয়োজন হয় না।

অনুশীলনী-৬

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। এসি জেনারেটর কী?
- ২। এসি জেনারেটর কত প্রকার ও কী কী?
- ৩। এসি জেনারেটরের উৎপন্ন বৈদ্যুতিক কারেন্ট কী উপায়ে বৃদ্ধি করা যায়?
- ৪। এসি জেনারেটরের ফীল্ডে যে এক্সাইটার হতে কারেন্ট সরবরাহ করা হয় তা সাধারণত কী ধরনের জেনারেটর?
- ৫। এসি জেনারেটরের ফীল্ডে কী ভোল্টেজ সাপ্লাই দেয়া হয়?
- ৬। রোটর কী? এটি কত প্রকার ও কী কী?
- ৭। আর্মেচারকে জেনারেটরের কী বলা হয়?
- ৮। এসি জেনারেটরের মূলতত্ত্ব কিসের উপর নির্ভরশীল?
- ৯। অল্টারনেটরের ফিল্ডকে উত্তেজিত করতে কী ব্যবহার করা হয়?
- ১০। ফিল্ড এক্সাইটেশন কী?
- ১১। এক্সাইটার কী?
- ১২। এক্সাইটেশন কী?
- ১৩। অল্টারনেটর বা এসি জেনারেটরকে সিনক্রোনাস জেনারেটর বলা হয় কেন?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। এসি জেনারেটর বলতে কী বোঝায়? এটি কত প্রকার ও কী কী?
- ২। এসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশগুলোর নাম লেখ।
- ৩। প্রাইমমুভার কাকে বলে?
- ৪। স্লপ রিংয়ের কাজ কী?
- ৫। ব্রাশের কাজ কী?
- ৬। এসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি বলতে কী বোঝায়?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। মৌলিক এসি জেনারেটরের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।
- ২। এসি জেনারেটরের ইফিসিয়েন্সি বলতে কী বোঝায়?
- ৩। এসি জেনারেটরের ফিল্ড এক্সাইটেশন পদ্ধতি বর্ণনা কর।
- ৪। এসি ও ডিসি জেনারেটরের মধ্যে পার্থক্য লেখ।

সপ্তম অধ্যায় ডিসি মোটর

৭.১ ডিসি মোটর

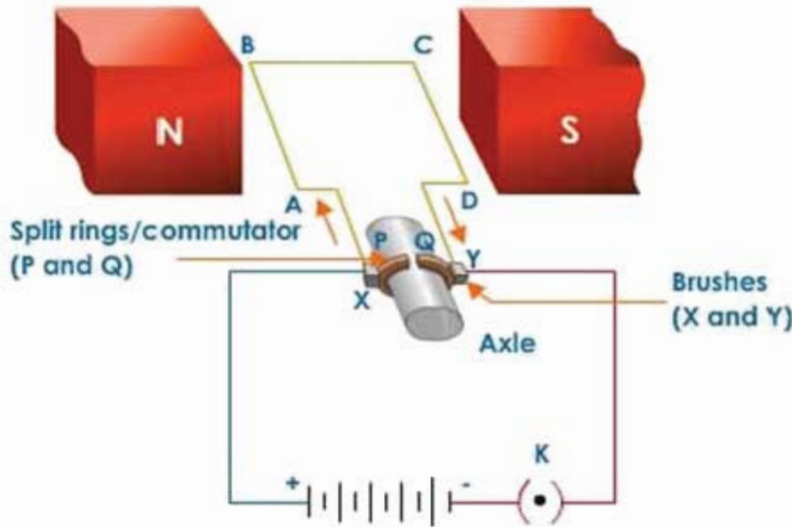
মোটর এমন একটি মেশিন যার সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা হয়। আর ডিসি মোটর ডিসি বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তরিত করে। নিচে ডিসি মোটরের গঠন [চিত্র: ৭.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো। ডিসি মোটরে প্রধান দুটি অংশ ফিল্ড ও আর্মেচার। যখন আর্মেচারকে ফিল্ড পোলের দ্বারা উৎপন্ন চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে বসিয়ে ঘুরানো হয়, তখন ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতি অনুসারে পরিবাহীতে ভোল্টেজ আবিষ্ট হয় এবং আর্মেচার সার্কিটটি আবদ্ধ থাকলে তার মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যদি আর্মেচার সার্কিটটি বাইরের কোনো বৈদ্যুতিক উৎসের সাথে সংযুক্ত করা হয় তবে আর্মেচার কতকটা একটি যান্ত্রিক বল উৎপন্ন হয়, যা ফ্রেমিংলের বামহাতি নিয়ম অনুসারে ধোরে। উৎপন্ন বলের পরিমাণ $F = BIL$ নিউটনে।

এখানে, F = যান্ত্রিক বল, নিউটনে

B = ক্রান্ত ডেনসিটি, ওয়েবার/বর্গমিটার

I = পরিবাহীর মধ্যে প্রবাহিত কারেন্ট, অ্যাম্পিয়ারে

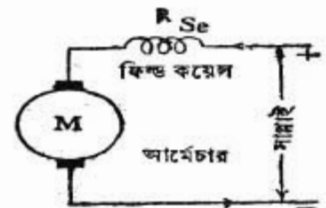
L = পরিবাহীর দৈর্ঘ্য, মিটারে



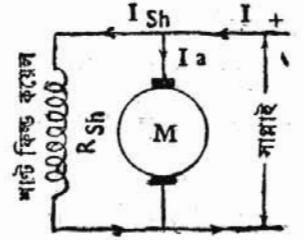
৭.২ ডিসি মোটরের প্রেবিবিভাগ

ডিসি মোটর প্রধানত তিন প্রকার। যথা -

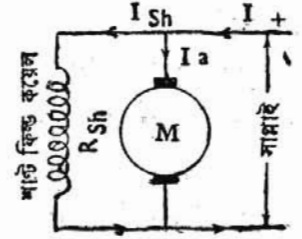
- (১) সিরিজ মোটর: যে মোটরে আর্মেচারে সাথে সিরিজে ফিল্ড কয়েল সংযোগ করা হয়, তাকে সিরিজ মোটর বলে। সিরিজ মোটরের টর্ক আর্মেচার কারেন্ট, ফিল্ডের ক্ষমতার উপর নির্ভর করে।



- (২) শাট মোটর: যে মোটরের ফিল্ড কয়েল আর্মেচারের সাথে প্যারালালে সংযোগ থাকে, তাকে শাট মোটর বলে। শাট মোটরের টর্ক মেইন ফিল্ডের ক্ষমতা ও আর্মেচার কারেন্টের পরিবর্তনের উপর নির্ভর করে।

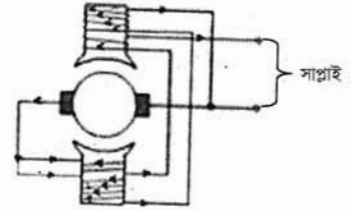


- (৩) কম্পাউন্ড মোটর: যে মোটরের ফিল্ড কয়েল আর্মেচারের সাথে সিরিজে এবং শাট কয়েল প্যারালালে সংযোগ করা হয়, তাকে কম্পাউন্ড মোটর বলে। কম্পাউন্ড মোটরের বৈশিষ্ট্য সিরিজ ও শাট মোটরের মিলিত বৈশিষ্ট্যের মতো।

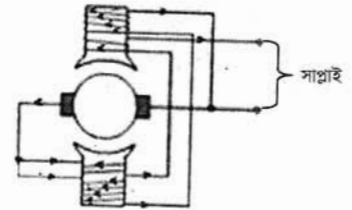


ফ্লাক্সের উপর ভিত্তি করে কম্পাউন্ড মোটর আবার দুই প্রকার। যথা -

- (১) কিউমুলেটিভ কম্পাউন্ড মোটর: যে কম্পাউন্ড মোটরের সিরিজ ফিল্ড ও শাট ফিল্ডের উভয় ফ্লাক্স একই দিকে প্রবাহিত হয়, তাকে কিউমুলেটিভ কম্পাউন্ড মোটর বলে।

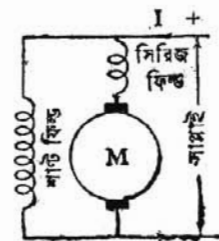


- (২) ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউন্ড মোটর: যে কম্পাউন্ড মোটরে সিরিজ ফিল্ডের ফ্লাক্স শাট ফিল্ডের বিপরীত দিকে প্রবাহিত হয় তাকে ডিফারেন্সিয়াল কম্পাউন্ড মোটর বলে।

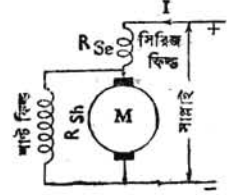


সংযোগের পার্থক্য অনুযায়ী কম্পাউন্ড মোটর আবার দুই প্রকার। যথা -

- (১) লং-শাট কম্পাউন্ড মোটর: যে মোটরের আর্মেচারের সাথে ফিল্ড কয়েল সিরিজে এবং শাট ফিল্ড কয়েল প্যারালালে সংযোগ করা হয়, তাকে লং-শাট কম্পাউন্ড মোটর বলে।



(২) শর্ট-শাট কম্পাউন্ড মোটর: যে মোটরের আর্মেচারের প্যারাললে শাট-ফিল্ড এবং সিরিজ ফিল্ড কয়েল সংযোগ করা হয়, তাকে শর্ট-শাট কম্পাউন্ড মোটর বলে।



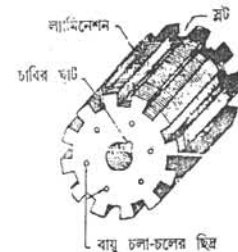
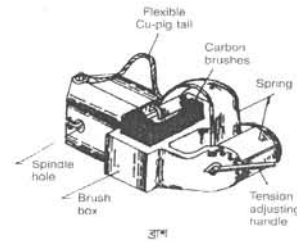
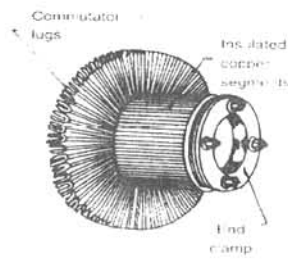
৭.৩ ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশ

ডিসি মোটরের বিভিন্ন যন্ত্রাংশের নাম নিম্নে দেয়া হলো।

ডিসি মোটরের প্রধান দুটি অংশ হলো -

(১) ফিল্ড অংশ	(২) আর্মেচার অংশ
(ক) ইয়োক; (খ) ফিল্ড কোর; (গ) ফিল্ড কয়েল; (ঘ) এয়ার গ্যাপ।	(ক) আর্মেচার কোর; (খ) আর্মেচার কয়েল / আর্মেচার ওয়াইন্ডিং; (গ) কম্যুটেটর; (ঘ) ব্রাশ; (ঙ) বিয়ারিং।

ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশের চিত্র নিচে দেয়া হলো -



চিত্র: ৭.৯

৭.৪ ডিসি মোটরের ব্যাক ই.এম.এফ

ডিসি মোটরে ডিসি সরবরাহ দিলে ফিল্ড ও আর্মেচার উভয়ের ভিতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ফলে মোটরের উভয় অংশে চুম্বক বলরেখার সৃষ্টি হয়। এই বলরেখাগুলো পরস্পরের সাথে ক্রিয়া করে আর্মেচারকে ঘুরায়। ডিসি মোটরের আর্মেচার যখন পোলের চুম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে ঘোরে তখন চুম্বক ক্ষেত্রের প্রভাবে মোটরের আর্মেচারে তড়িৎ চাপ উৎপন্ন হয়। এই আবিষ্কৃত তড়িৎ চাপ সরবরাহ ভোল্টেজের বিপরীতমুখী হওয়ায় ই.এম.এফ-কে বাধা প্রদান করে বলে একে ব্যাক ই.এম.এফ বলে। মোটরের ব্যাক ই.এম.এফ সমীকরণ জেনারেটরের ই.এম.এফ-এর সমীকরণের মতোই হয়। অর্থাৎ, মোটরের ব্যাক ই.এম.এফ সমীকরণ, $E_b = \frac{\phi PZN}{60A}$ ভোল্ট

এখানে,

E_b = মোটরের ব্যাক ই.এম.এফ;

ϕ = চুম্বক বলরেখা বা ফ্লাক্স;

P = পোল সংখ্যা;

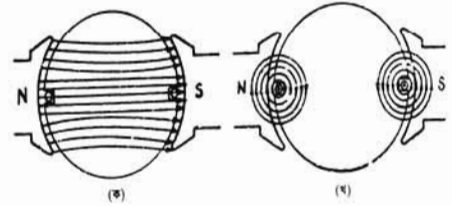
N = ঘূর্ণন গতিবেগ, আর.পি.এম;

Z = মোট পরিবাহীর সংখ্যা;

A = আর্মেচার প্যারালাল পথের সংখ্যা যা ওয়াইন্ডিংয়ের দক্ষতার উপর নির্ভর করে।

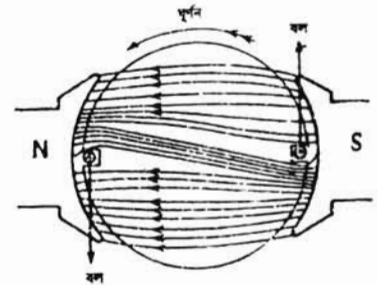
৭.৫ ডিসি মোটরের টর্ক উৎপাদন

ডিসি জেনারেটরের ন্যায় ডিসি মোটরেও N এবং S পোল আছে। মনে করি, মোটরের আর্মেচারকে একটি দুই পোল চৌম্বকক্ষেত্রের মধ্যে বসানো হয়েছে। তাই, ডিসি মোটরের ফিল্ডে বিদ্যুৎ সরবরাহ দেয়া হলে ফ্লাক্স N পোল হতে S পোল দিকে প্রবাহিত হয়। ফলে আর্মেচার কন্ডাক্টরে কারেন্ট প্রবাহিত হওয়ায় এর চতুর্দিকেও ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। এদের উভয় ফ্লাক্সের ইন্টার অ্যাকশনের ফলে আর্মেচারে ঘূর্ণন সৃষ্টির জন্য টর্ক উৎপন্ন হয়।



উপরে [চিত্র: ৭.১০ ও চিত্র: ৭.১১] এক কয়েলবিশিষ্ট ডিসি মোটরের টর্ক উৎপত্তির কারণ বর্ণনা করা হলো -

ক নং চিত্রে শুধুমাত্র ফিল্ড ফ্লাক্স দেখানো হয়েছে। খ নং চিত্রে শুধুমাত্র আর্মেচার ফ্লাক্স দেখানো হয়েছে। চিত্রে আর্মেচারের কয়েলের বাম পাশের কন্ডাক্টরে কারেন্ট প্রবেশ করে এবং ডান পাশের কন্ডাক্টর দিয়ে কারেন্ট বাইরে প্রবাহিত হয়। ফলে ফিল্ড ও আর্মেচার ফ্লাক্সদ্বয়ের মধ্যে পারস্পরিক প্রতিক্রিয়া ঘটে। ফলে, বাম পাশের কন্ডাক্টরের ফ্লাক্স ডানাবর্তে এবং ডান পাশের কন্ডাক্টরের ফ্লাক্স বামাবর্তে ঘোরে ফিল্ড ও আর্মেচার কন্ডাক্টরের সম্মিলিত ফ্লাক্স উৎপন্ন করে।

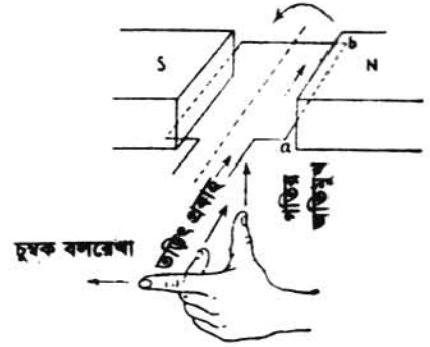


উভয় ফ্লাক্সের ইন্টার অ্যাকশনের ফলে N পোল কাছের বাম পাশের কন্ডাক্টরের উপরের দিকে ফ্লাক্সের ঘনত্ব বেশি এবং S পোল কাছের ডান পাশের কন্ডাক্টরের নিচের দিকে ফ্লাক্সের ঘনত্ব কম। তাছাড়া, ফ্লাক্সের স্বাভাবিক প্রবাহের দিক ও ঘনত্ব অনেক পরিবর্তন হয়। আবার ফ্লাক্স বা চুম্বক বলরেখা একই দিকে প্রবাহিত হলে পরস্পরকে পাশের

দিকে বিকর্ষণ করে। ফলে বাম দিকের কন্ডাক্টরে উপরের দিক হতে নিচের দিকে এবং ডান দিকের কন্ডাক্টরে নিচের দিক হতে উপরের দিকে বল প্রযুক্ত হয়। একই কয়েলের দুই কন্ডাক্টরে দুটি বিপরীতমুখী বল প্রয়োগর ফলে ডিসি মোটরে টর্ক উৎপন্ন হয় যা [চিত্র: ৭.১২] উপরে অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

৭.৬ ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম

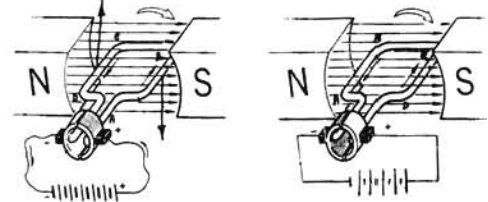
মোটরের ঘূর্ণনের দিক নির্ণয়ের জন্য ফ্লেমিং একটি নিয়ম উদ্ভাবন করেন। উক্ত নিয়মকে ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম বলে। ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম পাশে [চিত্র: ৭.১৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম: বাম হাতের বৃদ্ধাঙ্গুলি, তর্জনী ও মধ্যমাঙ্গুলো পরস্পরের সাথে সমকোণে প্রসারিত করলে যদি তর্জনী চুম্বক ক্লাস্তের দিক এবং মধ্যমাঙ্গুলো পরিবাহী তারের কারেন্ট প্রবাহের দিক নির্দেশ করে। তবে, বৃদ্ধাঙ্গুলি পরিবাহী তারের ঘূর্ণন দিক নির্দেশ করবে।

৭.৭ কম্যুটেটর ও ব্রাশের কাজ

সবসময় একইদিকে টর্ক উৎপন্ন করার জন্য ডিসি মোটরের আর্মেচার কন্ডাক্টরে কারেন্টের দিক পরিবর্তন করতে হয়। তাই আর্মেচার কন্ডাক্টরে সঠিক সময়ে কারেন্টের দিক পরিবর্তন করার জন্য কম্যুটেটর ও ব্রাশ ব্যবহার করা হয়। কয়েলের দুই প্রান্ত কম্যুটেটরের দুটি সেগমেন্টে সংযুক্ত থাকে। ফলে এক পোলার কেন্দ্র হতে পরবর্তী পোলার কেন্দ্রে ($0^\circ - 180^\circ$)



অবস্থান পরিবর্তন করে তখন সাথে সাথে AB ও CD কন্ডাক্টরের কারেন্ট প্রবাহের দিকও পরিবর্তন হয়। কিন্তু কয়েলে কারেন্ট প্রবাহের দিক পূর্বের মতোই ডান ব্রাশ হতে বাম ব্রাশের দিকে থাকে। ফলে ডানাবর্তে টর্ক উৎপন্ন হয় এবং সমসময় একইদিকে ঘোরে।

৭.৮ ডিসি মোটরে স্টার্টার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

ডিসি মোটরকে যখন প্রাথমিক অবস্থায় লাইনের সাথে সংযোগ করা হয়, তখন ডিসি মোটরের আর্মেচারে কোনো ব্যাক ই.এম.এফ থাকে না। এ অবস্থায় মোটরটি লাইন হতে যে পরিমাণ কারেন্ট গ্রহণ করে তা রেটেড কারেন্টের চেয়ে ৫ হতে ৬ গুণ বেশি হয়। কারণ, ডিসি মোটরের আর্মেচার রেজিস্ট্যান্স খুব নিম্নমানের থাকে। যদি স্টার্টার ছাড়া ডিসি মোটরে সরবরাহ দেয়া হয়, তবে কম্যুটেটরের কার্বন ব্রাশ ও আর্মেচার কয়েল পুড়ে যাবে। কাজেই এ সময় যদি আর্মেচার রেজিস্ট্যান্স বৃদ্ধি করা যায় তবে কারেন্টের মান নিরাপদসীমার মধ্যে রাখা যায়। এ কারেন্ট নিয়ন্ত্রণ শুধুমাত্র স্টার্টার দ্বারা করা যায়। ডিসি মোটর চালু করার পূর্বে আর্মেচারের সাথে সিরিজে একটি পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা হয়। তাই, ডিসি মোটরকে অতিরিক্ত কারেন্টের হাত থেকে রক্ষা করার জন্য স্টার্টারের প্রয়োজন।

৭.৯ স্টার্টারের ওভার লোড কয়েল ও লো-ভোল্টেজ কয়েলের কাজ

ওভার লোড রিলিজ কয়েল বা ওভার কারেন্ট রিলিজ কয়েল স্টার্টারের একটি প্রয়োজনীয় অংশ। ওভার লোড কয়েল অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবাহের হাত থেকে আর্মেচারকে রক্ষা করে। যখন মোটরের লোড খুব বেশি পরিমাণে বাড়ে, তখন আর্মেচার দিয়ে ৫ হতে ৭ গুণ বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে মোটরের কয়েল পুড়ে যাবার সম্ভাবনা থাকে। এ অবস্থায় ওভার লোড রিলিজ কয়েল বৈদ্যুতিক চুম্বকের ভিতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ করার মাধ্যমে মোটরকে উৎস থেকে বিচ্ছিন্ন করে দেয়। ফলে মোটর মারাত্মক ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা পায়।

যে কয়েলের ভিতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হবার জন্য স্টার্টারের বৈদ্যুতিক চুম্বক সক্রিয় হয়, তাকে লো-ভোল্টেজ রিলিজ কয়েল বলে। লো-ভোল্টেজ রিলিজ কয়েল স্টার্টারের বৈদ্যুতিক চুম্বককে সক্রিয় করে। ফলে মোটর চালু থাকাকালীন বৈদ্যুতিক চুম্বক তার হাতলকে অন অবস্থানে ধরে রাখে। লো-ভোল্টেজ রিলিজ কয়েলের ভিতর দিয়ে কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ হলেই চুম্বক তার ক্ষমতা হারায় এবং হাতলকে আর অন অবস্থানে ধরে রাখতে পারে না। ফলে মোটর বন্ধ হয়ে যায়।

অনুশীলনী-৭

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। মোটর কী?
- ২। ডিসি মোটর কী?
- ৩। মোটরের ব্যাক ই.এম.এফ-এর সূত্রটি লেখ।
- ৪। মোটরের ঘূর্ণন দিক নির্ণয়ের জন্য কোনো সূত্র প্রযোজ্য?
- ৫। মোটরের মূল তথ্য কে আবিষ্কার করেন?
- ৬। সিরিজ মোটর কী?
- ৭। শান্ট মোটর কী?
- ৮। কম্পাউন্ড মোটর কী?
- ৯। কিউমুলেটিভ কম্পাউন্ড মোটর কী?
- ১০। ডিফারেনশিয়াল কম্পাউন্ড মোটর কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ডিসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ২। ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশের নাম লেখ।
- ৩। চিত্রসহ ফ্লেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম লেখ।
- ৪। বিভিন্ন প্রকার মোটরের সংজ্ঞা লেখ।
- ৫। ব্যাক ই.এম.এফ কী?
- ৬। ডিসি মোটরে স্টার্টার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা লেখ।
- ৭। ডিসি মোটরে স্টার্টারের ওভার লোড কয়েল ও লো-ভোল্টেজ কয়েলের বর্ণনা দাও।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ডিসি মোটরের ব্যাক ই.এম.এফ বলতে কী বোঝায়?
- ২। ডিসি মোটরে টর্ক কীভাবে উৎপন্ন হয় বর্ণনা কর।
- ৩। ডিসি মোটরের বিভিন্ন অংশগুলোর বর্ণনা দাও।

অষ্টম অধ্যায়

সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর

৮.১ সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর

যে মোটর এসি সিঙ্গেল ফেজ সরবরাহের সাহায্যে চালু করা হয় এবং চালানো হয়, তাকে সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর বলে। বাসাবাড়িতে, অফিস-আদালতে, কল-কারখানায় ও বাণিজ্যিক সংস্থায় দৈনন্দিন কাজে সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর ব্যবহৃত হয়। ছোটখাটো মেশিন পরিচালনা ছাড়াও বৈদ্যুতিক পাখা ও পানির পাম্পে এ মোটর সর্বত্র ব্যবহৃত হয়। এ সমস্ত মোটর সাধারণত 1H.P থেকে 2H.P ক্ষমতাসম্পন্ন হয়ে থাকে।

সিঙ্গেল ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিলে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের মতো ঘূর্ণায়মান চুম্বকীয় ফিল্ড তৈরি করতে পারে না। এতে পালসেটিং ফিল্ডের সৃষ্টি হয়। ফলে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের মতো সিনক্রোনাস গতিতে ঘুরতে পারে না। এই চুম্বক ক্ষেত্রের পজেটিভ হাফ-সাইকেল দ্বারা সৃষ্ট টর্ক ও নেগেটিভ হাফ-সাইকেল দ্বারা সৃষ্ট টর্ক সমান ও বিপরীতমুখী হয়। ফলে উভয় টর্কের সমতুল্য মান শূন্য হয়। বিধায়, সিঙ্গেল ফেজ মোটর স্বয়ংক্রিয়ভাবে চালু হতে পারে না। এই জন্য সিঙ্গেল ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টার্টিং টর্ক শূন্য হয়।

৮.২ সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ

গঠন ও চালু করার পদ্ধতি অনুযায়ী সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরকে প্রধানত চার ভাগে ভাগ করা যায় -

- (ক) ইন্ডাকশন মোটর;
- (খ) রিপালশন মোটর;
- (গ) সিরিজ মোটর এবং
- (ঘ) সিনক্রোনাস মোটর।

ইন্ডাকশন মোটর ছয় প্রকার। যথা -

- (ক) সিগ্নট ফেজ মোটর;
- (খ) ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর;
- (গ) ক্যাপাসিটর মোটর;
- (ঘ) শেডেড পোল মোটর;
- (ঙ) রিলাকট্যান্স মোটর এবং
- (চ) ক্যাপাসিটর স্টার্ট এন্ড রান মোটর।

রিপালশন মোটর চার প্রকার। যথা -

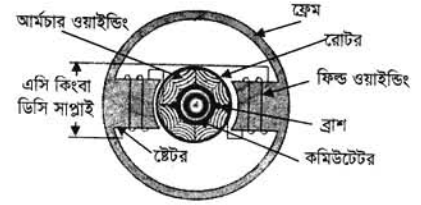
- (ক) সাধারণ রিপালশন মোটর;
- (খ) কমপেনসেটেড রিপালশন মোটর;
- (গ) রিপালশন স্টার্ট-ইন্ডাকশন মোটর এবং
- (ঘ) রিপালশন ইন্ডাকশন মোটর।

সিনক্রোনাস মোটর দুই প্রকার। যথা -

- (ক) রিলাকট্যান্স মোটর এবং
- (খ) হিষ্টারিসিস মোটর।

৮.৩ ইউনিভার্সেল মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি

যে মোটর সমমানের এসি ও ডিসি উভয় প্রকার সিঙ্গেল ফেজ সরবরাহের সাহায্যে একই গতিবেগ ও একই আউটপুটে কাজ করে, তাকে ইউনিভার্সেল মোটর বলে। পাশে [চিত্র: ৮.১] ইউনিভার্সেল মোটরের গঠনচিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো। ইউনিভার্সেল মোটরের বৈশিষ্ট্য ডিসি সিরিজ মোটরের অনুরূপ। ডিসি সিরিজ মোটরের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, মোটরের বাইরের টার্মিনাল সাপ্লাইয়ের পোলারিটি পরিবর্তন করলে মোটরের ঘূর্ণনের দিক কোনো পরিবর্তন হয় না। কারণ, আর্মেচার ও ফিল্ডের কারেন্ট প্রবাহের দিক একই সময়ে পরিবর্তন হয়। ফলে ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন হয় না। ইউনিভার্সেল মোটর নিম্নলিখিত অংশসমূহ নিয়ে গঠিত—



(ক) স্টেটর ফ্রেম;

(খ) রোটর;

(গ) ফিল্ড ওয়াইন্ডিং;

(ঘ) আর্মেচার ওয়াইন্ডিং;

(ঙ) ব্রাশ;

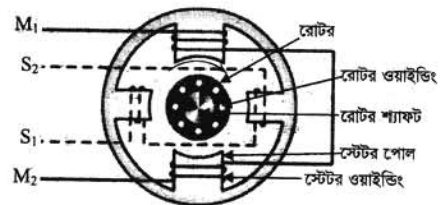
(চ) কমিউটেটর।

কার্যপদ্ধতি: ডিসি সিরিজ মোটরে বাইরে থেকে ডিসি সরবরাহ দিলে এর টার্মিনালদ্বয় পরিবর্তন করে দিলেও পোলারিটির কোনো পরিবর্তন হয় না। কারণ, আর্মেচার ও ফিল্ড কারেন্ট প্রবাহের দিক একই সময়ে পরিবর্তন হয়। এ নীতির উপর ভিত্তি করে ডিসি সিরিজ মোটরের টার্মিনালে ডিসির পরিবর্তে সমমানের এসি সরবরাহ দেয়া হয়। এ অবস্থায় প্রতি সাইকেলে টার্মিনালদ্বয়ের পোলারিটি দুইবার পরিবর্তন হলেও মোটরের ঘূর্ণনের দিক কোনো পরিবর্তন হয় না। উপরে ইউনিভার্সেল মোটরের সংযোগ [চিত্র: ৮.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো। মনে করি, প্রথম পজিটিভ হাফ-সাইকেলে উপরের টার্মিনাল (+^{১৩}) এবং নিচের টার্মিনাল নেগেটিভ (-^{১৩}) ভোল্টেজ সাপ্লাই পায়। ফলে উপরে N-pole এবং নিচে S-pole তৈরি হয়। কাজেই আর্মেচারের উপরের দিকে হাফ-কন্ডাক্টরে পজিটিভ (+^{১৩}) এবং নিচের হাফ-কন্ডাক্টরে নেগেটিভ (-^{১৩}) সাপ্লাই পায়। এ অবস্থায় আর্মেচার ফ্রেমিংয়ের বামহাতি নিয়ম অনুসারে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘোরে। কাজেই ইউনিভার্সেল মোটরের ক্ষেত্রে দেখা যায় যে, টার্মিনালের পোলারিটি পরিবর্তন হলেও রোটরের ঘূর্ণন দিকের কোনো পরিবর্তন হয় না। এভাবে ইউনিভার্সেল মোটর কাজ করে থাকে।

৮.৪ ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের গঠন ও কার্যপদ্ধতি:

যে মোটর স্টার্টিং কয়েলের সাথে সিরিজে একটি ক্যাপাসিটর ও একটি সেন্সিটিভিউগাল সুইচ সংযোগ করে চালু করা হয়, তাকে ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর বলে। পাশে ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের গঠন [চিত্র: ৮.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের বিভিন্ন অংশ নিয়ে গঠিত। যথা —



(১) স্টেটর;

(২) রোটর;

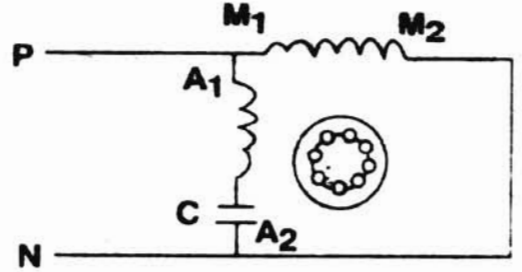
(৩) স্টেটর ওয়াইন্ডিং / স্টার্টিং কয়েল;

(৪) রোটর ওয়াইন্ডিং / রানিং কয়েল;

(৫) রোটর শ্যাফট;

- (ড) হেড বোল্ড;
- (ঢ) ব্যাক কভার;
- (ণ) স্যাঙ্ক;
- (ত) ব্রেড;
- (থ) মোটর (স্টেটর এন্ড রোটর) এবং
- (দ) ডেকোরেটিং ক্যাপ।

কার্যপদ্ধতি: পাশে ক্যাপাসিটর মোটরের সংযোগ [চিত্র: ৮.৭] অঙ্কন করে দেখানো হলো। ক্যাপাসিটর মোটরের আর্মেচারে দুইটি ওয়াইন্ডিং থাকে। একটি স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং এবং অপরটি রানিং বা মেইন ওয়াইন্ডিং। স্টার্টিং ওয়াইন্ডিংয়ের সাথে সিরিজে একটি ক্যাপাসিটর সংযোগ করা হয়। মোটরের ওয়াইন্ডিং ইন্ডাকটিভ হওয়ায় উভয় কয়েলই একই ফেজে থাকে। ফলে, স্টার্টিং ও রানিং কয়েল একই ফেজে থাকায় এবং ফেজ পার্থক্য না হওয়ায় স্টার্টিং টর্ক শূন্য হয়। এর ফলে মোটর স্টার্ট নিতে পারে না। ক্যাপাসিটর মোটরে এসি সাপ্লাই দিলে স্টার্টিং ও রানিং কয়েলে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। স্টার্টিং কয়েলের সাথে ক্যাপাসিটর ব্যবহার করার দুটি কয়েলের মধ্যে ফেজ পার্থক্যের সৃষ্টি হয়। ফলে, মোটরে স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয় এবং মোটর ঘোরে।



৮.৬ সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের সুবিধা ও অসুবিধা

সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের সুবিধাসমূহ নিম্নে উল্লেখ করা হলো -

- (১) সংযোগ করা সহজ;
- (২) দাম কম;
- (৩) রক্ষণাবেক্ষণ খরচ কম;
- (৪) ব্যবহার বেশি;
- (৫) মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করা সহজ।

সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের অসুবিধাসমূহ নিম্নে উল্লেখ করা হলো -

- (১) মোটরের ক্ষমতা কম;
- (২) মোটরের দক্ষতা কম;
- (৩) স্টার্টিং টর্ক শূন্য;
- (৪) পাওয়ার ফ্যাক্টর নিম্নমানের হয়;
- (৫) মোটর নিজে নিজে স্টার্ট নিতে পারে না।

৮.৭ ক্যাপাসিটর মোটরের ক্যাপাসিটর ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

ক্যাপাসিটর মোটরের স্টেটরে দুটি ওয়াইন্ডিং থাকে। একটি স্টার্টিং ওয়াইন্ডিং ও অপরটিকে রানিং ওয়াইন্ডিং বা মেইন ওয়াইন্ডিং। এ মোটরে সিঙ্গেল ফেজ এসি সাপ্লাই দিলে এর দুটি ওয়াইন্ডিংয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তাদের মধ্যে কোনো ফেজ পার্থক্য থাকে না। ফলে কোনো স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয় না এবং মোটর ঘুরতে পারে না। স্টার্টিং টর্ক সৃষ্টির জন্য দুটি কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি করতে হয়। স্টার্টিং কয়েলের সাথে একটি

ক্যাপাসিটর সিরিজে সংযোগ করলে স্টার্টিং ও রানিং কয়েলের কারেন্টের মধ্যে ফেজ ব্যবধান সৃষ্টি হয় এবং স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয়। ফলে, মোটর ঘোরে। সিঙ্গেল ফেজ মোটরে স্টার্টিং টর্ক সৃষ্টির জন্য ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা প্রয়োজন।

৮.৮ ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনের পদক্ষেপ

ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করতে হলে মেইন ওয়াইন্ডিং অথবা স্টার্টিং ওয়াইন্ডিংয়ের যে-কোনো একটির সংযোগ পরিবর্তন করে মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করা যায়। যে-কোনো একটি ওয়াইন্ডিংয়ের সংযোগের দিক পরিবর্তন করে দিলে অন্য ওয়াইন্ডিংয়ের কারেন্ট প্রবাহের দিক পরিবর্তন হয়। ফলে, চুম্বক ক্ষেত্রের দিকও পরিবর্তন হয়। তাই, মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তিত হয়ে মোটর উল্টো দিকে ঘোরে।

মোটরকে ডানাবর্তে ঘোরানোর জন্য ক্যাপাসিটরকে সবসময় স্টার্টিং কয়েলের সাথে সিরিজে সংযোগ করা হয়। অনেক সময় ভুল সংযোগের কারণে মোটর উল্টা দিকে ঘুরতে পারে। ফলে, ক্যাপাসিটরের দুই প্রান্তের মধ্যে স্টার্টিং ও রানিং কয়েলের সংযোগ পরিবর্তন করে দিলেই মোটর সোজা বা ডানাবর্তের দিকে ঘুরবে।

৮.৯ সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের ব্যবহার :

সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের ব্যবহার নিম্নে উল্লেখ করা হলো -

- (ক) সাধারণত বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত, স্কুল-কলেজ ও ব্যবসা প্রতিষ্ঠানে বিভিন্ন কাজে সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর ব্যবহৃত হয়।
- (খ) ড্রিল মেশিন, স্প্যানার, গ্রাইন্ডিং, লেদ মেশিন ইত্যাদি চালাতে সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর ব্যবহৃত হয়।
- (গ) শিল্প-কারখানায় পাখা, রেফ্রিজারেটর, এয়ারকুলার ইত্যাদি পরিচালনার কাজে বিভিন্ন সাইজের সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর ব্যবহৃত হয়।
- (ঘ) ক্যাপাসিটর মোটর চালু করতে সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর ব্যবহৃত হয়।

অনুশীলনী-৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর কী?
- ২। সিলিং ফ্যানে সাধারণত কোনো ধরনের মোটর ব্যবহার করা হয়?
- ৩। সিলিং ফ্যানে যে ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা হয় সাধারণত এটি কোনো টাইপের হয়?
- ৪। সিলিং ফ্যানে যে ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা হয় তার মান কত?
- ৫। কোনো ধরনের সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটর A.C/D.C উভয়ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়?
- ৬। ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটর কী?
- ৭। ইউনিভার্সেল মোটর কী?
- ৮। ইন্ডাকশন মোটর কী?
- ৯। সেন্সিটিভিউগল সুইচ কী?
- ১০। সিরিজ মোটরের অপর নাম কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ২। ক্যাপাসিটর মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করার পদক্ষেপ ব্যাখ্যা কর।
- ৩। ক্যাপাসিটর মোটরে ক্যাপাসিটর ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা ব্যাখ্যা কর।
- ৪। সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ৫। ক্যাপাসিটর মোটর নিজে নিজে স্টার্ট নিতে পারে না কেন?
- ৬। সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরে ক্যাপাসিটর ব্যবহার করা হয় কেন?
- ৭। ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরে সেন্টিফিউগাল সুইচের কাজ কী?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। সিঙ্গেল ফেজ এসি মোটরের সুবিধা-অসুবিধা উল্লেখ কর।
- ২। ইউনিভার্সেল মোটরের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।
- ৩। ক্যাপাসিটর স্টার্ট মোটরের কার্যপদ্ধতি আলোচনা কর।

নবম অধ্যায় তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর

৯.১ তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর

মোটরে ইনপুট হিসেবে বৈদ্যুতিক শক্তি এবং আউটপুট হিসেবে যান্ত্রিক শক্তি থাকে। যে যন্ত্রের সাহায্যে বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করে তাকে মোটর বলে। আর যে মোটরে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দেয়া হয় এবং ইন্ডাকশন নীতিতে ঘোরে তাকে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর বলে।

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর বাইরে হতে স্টেটরে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিলে কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ফলে স্টেটরে একটি ঘূর্ণন্ত চুম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। এই ঘূর্ণন্ত চুম্বক ক্ষেত্র সিনক্রোনাস গতিতে অর্থাৎ $NS =$ গতিতে ঘোরে। আর ঘূর্ণন্ত চুম্বক ক্ষেত্রের জন্য চুম্বক ফ্লাক্স সৃষ্টি হয়, যা এয়ার গ্যাপ অতিক্রম করে রোটর কন্ডাক্টরসমূহকে কাট করে। ফলে ফ্যারাডের সূত্রানুযায়ী রোটর কন্ডাক্টরে কারেন্ট প্রবাহের ফলে টর্ক উৎপন্ন হয়। ঘূর্ণন্ত চুম্বক ক্ষেত্রে যেদিকে ঘুরবে রোটরও সেদিকে ঘুরবে। তাই বলা যায়, তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের রোটরে সরাসরি এসি সরবরাহ না দিয়ে স্টেটরে এসি সরবরাহ দিলে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর ঘোরে।

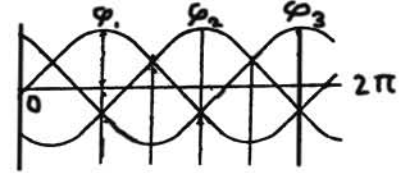
৯.২ তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের শ্রেণিবিভাগ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর তিন প্রকার। যথা –

- (ক) স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর;
- (খ) স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর এবং
- (গ) ডাবল স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর।

৯.৩ তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণন্ত চুম্বক ক্ষেত্র

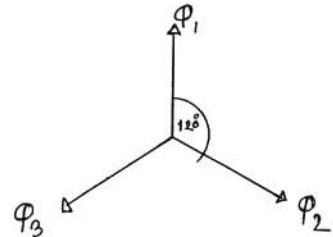
মনে করি, তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দেয়ার পর সেখানে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয় এবং এটি সিনক্রোনাস গতিতে $(N_s = \frac{120f}{P})$ ঘোরে। ফলে তিনটি ফেজ দিয়ে কারেন্ট প্রবাহের জন্য তিনটি ফ্লাক্স ϕ_1 , ϕ_2 ও ϕ_3 উৎপন্ন করে এবং 1200 কোণিক দূরত্বে অবস্থান করে।



পাশে গুয়েন্ড [চিত্র: ৯.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

মনে করি,

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \phi_m \sin \omega t \\ \phi_2 &= \phi_m \sin(\omega t - 120^\circ) \\ \phi_3 &= \phi_m \sin(\omega t - 240^\circ)\end{aligned}$$



গুয়েন্ড চিত্র হতে স্পষ্ট বোঝা যায় যে, তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের লব্ধি ফ্লাক্স কখনও শূন্য হয় না।

যখন $\omega t = 0^\circ$ অবস্থান বিবেচনা করা হয় তখন তিনটি ফ্লাক্সের মান হয়

$$\begin{aligned}\phi_1 &= \phi_m \sin 0^\circ = 0 \\ \phi_2 &= \phi_m \sin(0^\circ - 120^\circ) \\ &= -\phi_m \sin 120^\circ \\ &= -\frac{\sqrt{3}}{2} \phi_m\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi_3 &= \phi_m \sin(0^\circ - 240^\circ) \\
 &= -\phi_m \sin 240^\circ \\
 &= \frac{\sqrt{3}}{2} \phi_m
 \end{aligned}$$

লক্কি ফ্লাক্স ϕ_R এর মান ভেক্টরের [চিত্র: ৯.৩] সাহায্যে নির্ণয় করা যায়।

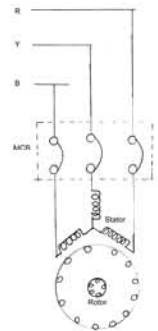
$$\begin{aligned}
 \therefore \text{লক্কি ফ্লাক্স } \phi_R &= \sqrt{\left(\frac{\sqrt{3}}{2} \phi_m\right)^2 + \left(-\frac{\sqrt{3}}{2} \phi_m\right)^2} - 2 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} \phi_m \cdot -\frac{\sqrt{3}}{2} \phi_m \cos 60^\circ \\
 &= \sqrt{\frac{3}{4} \phi_m^2 + \frac{3}{4} \phi_m^2 + \frac{3}{4} \phi_m^2} \\
 &= \sqrt{\frac{9}{4} \phi_m^2} = \frac{3}{2} \phi_m = 1.5 \phi_m
 \end{aligned}$$

আবার, $\omega t = 60^\circ$ এবং $\omega t = 120^\circ$ বিবেচনা করে লক্কি ফ্লাক্স অনুরূপভাবে $\phi_R = 1.5 \phi_m$ হবে।

উপরিউক্ত আলোচনা থেকে দেখা যায় যে, তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিলে স্থির মানের লক্কি ফ্লাক্স $\phi_R = 1.5 \phi_m$ হয় যা একটি নির্দিষ্ট গতিতে $(N_s = \frac{120f}{P})$ ঘোরে। এভাবে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে ঘুরন্ত চুম্বক ক্ষেত্র উৎপন্ন হয়।

৯.৪ তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের টর্ক উৎপাদন প্রক্রিয়া

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে মূলত দুটি অংশ থাকে। একটি স্টেটর, যাতে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দেয়া হয়। অপরটি রোটর, যাতে মোটা মোটা কপার বার বসিয়ে এদের দুই মাথায় রিংয়ের সাহায্যে সর্ট করানো হয়। পাশে সংযোগ [চিত্র: ৯.৪] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



এখন তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিলে ঘুরন্ত চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয় যা সিনক্রোনাস গতিতে অর্থাৎ $N_s = \frac{120f}{P}$ গতিতে ঘোরে। ফলে, রোটর কন্ডাক্টর স্টেটর চৌম্বক ক্ষেত্র কাট করার ফলে ফ্যারাডের সূত্র অনুসারে এতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়।

এখন রোটর শর্ট থাকায়, রোটর কন্ডাক্টরেও কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ফলে রোটরেও চৌম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। স্টেটর ও রোটর চৌম্বক ক্ষেত্রের মধ্যে পারস্পরিক ক্রিয়ার ফলে রোটরে টর্ক উৎপন্ন হয়ে মোটর ঘোরে। এভাবে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর কাজ করে।

৯.৫ স্লিপ

ইন্ডাকশন মোটরের সিনক্রোনাস স্পীড অপেক্ষা রোটরের গতিবেগ যত কম হয় তাকে স্লিপ বলে। একে S দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। $S = (N_s - N_r) \cdot \frac{r.p.m}{N_s}$

সাধারণভাবে মোটরের স্লিপ তার সিনক্রোনাস স্পীডের অনুপাত হিসেবে প্রকাশ করা হয়, তখন একে ফ্রাকশনাল স্লিপ বলে। যেমন: $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$ । স্লিপের কোনো একক নেই। এটি অনুপাত মাত্র। তবে মোটরের স্লিপকে ১০০ দ্বারা গুণ করে শতকরা স্লিপ হিসেবে প্রকাশ করা যায়। ইন্ডাকশন মোটরের স্লিপ সাধারণত ৪% হতে ৮% পর্যন্ত হয়ে থাকে। $\%S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$

স্লিপ দুই প্রকার। যথা -

(ক) রেভলিউশন স্লিপ, $S = N_s - N_r$, (খ) ব্রাকশনাল স্লিপ, $S = \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100$

স্লিপ স্পীড: ইন্ডাকশন মোটরের রোটর স্পীড সবসময় স্টেটর স্পীড বা সিনক্রোনাস স্পীডের চেয়ে কম হয়। তাই, সিনক্রোনাস স্পীড হতে রোটরের স্পীড যতটা কম হয় তাকে মোটরের স্লিপ স্পীড বা রেভলিউশন স্লিপ বা রোটেশনাল স্লিপ বলে। অর্থাৎ, স্লিপ স্পীড,

স্লিপের গাণিতিক সূত্র:

(ক) প্রমাণ কর যে, $N_s = \frac{120f}{P}$ এবং

(খ) $N_r = \frac{120f}{P}(1-s)$

(ক) $N_s = \frac{120f}{P}$ এর গাণিতিক সমাধান:

১ জোড়া পোলের অধীনে ১ সেকেন্ডে ১ পাক ঘুরলে ১ সাইকেল উৎপন্ন হয়।

$P/2$ জোড়া পোলের অধীনে ১ সেকেন্ডে $\frac{N_s}{60}$ পাক ঘুরলে $\frac{P}{2} \times \frac{N_s}{60}$ সাইকেল উৎপন্ন হয়।

যদি ফ্রিকুয়েন্সিকে f দ্বারা প্রকাশ করা হয় তবে,

আমরা লিখতে পারি, $f = \frac{PN_s}{120}$ বা, $N_s = \frac{120f}{P}$

(খ) $N_r = \frac{120f}{P}(1-s)$ এর গাণিতিক সমাধান:

আমরা জানি,

স্লিপ, $S = \frac{N_s - N_r}{N_s}$

$$= \frac{N_s}{N_s} - \frac{N_r}{N_s}$$

$$= 1 - \frac{N_r}{N_s}$$

$$\text{বা, } \frac{N_r}{N_s} = 1 - s$$

$$\text{বা, } N_r = (1-s)N_s \text{ [একাত্তর করে]}$$

$$= \frac{120f}{P}(1-s) \text{ [}\because N_s = \frac{120f}{P}\text{]}$$

$$N_r = \frac{120f}{P}(1-s)$$

৯.৬ স্লিপ ও গতিবেগের সমস্যার সমাধান

সমস্যা-১: একটি তিন ফেজ ৫০ সাইকেল/সেকেন্ড ৪ পোল বিশিষ্ট ইন্ডাকশন মোটরের সিনক্রোনাস স্পীড কত হবে?

সমাধান: আমরা জানি, $N_s = \frac{120f}{P}$

$$= \frac{120 \times 50}{4}$$

$$= 1500 \text{ rpm}$$

দেয়া আছে,

ফ্রিকুয়েন্সি, $f = 50$ সাইকেল/সেকেন্ড

পোল সংখ্যা, $P = 4$

সিনক্রোনাস স্পীড, $N_s = ?$

সমস্যাৱলি-২: ঁকটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সিনক্রোনাস স্পীড 750rpm ঁবং পোল সংখ্যা 8 হলে ফ্রিকুয়েন্সি কত হবে?

সমাধান: ঁমরা জানি, $N_s = \frac{120f}{P}$

$$\begin{aligned}\text{বা, } f &= \frac{N_s \times P}{120} \\ &= \frac{750 \times 8}{120} \\ &= 50\text{Hz}\end{aligned}$$

দেয়া ঁছে,

সিনক্রোনাস স্পীড, $N_s = 750\text{rpm}$

পোল সংখ্যা, $P = 8$

ফ্রিকুয়েন্সি, $f = ?$

সমস্যাৱলি-৩: 3000rpm ঁর ঁকটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ফ্রিকুয়েন্সি 50Hz হলে পোল সংখ্যা নির্ণয় কর ।

সমাধান: ঁমরা জানি, $N_s = \frac{120f}{P}$

$$\begin{aligned}\text{বা, } P &= \frac{120f}{N_s} \\ &= \frac{120 \times 50}{3000} \\ &= 2\end{aligned}$$

দেয়া ঁছে,

সিনক্রোনাস স্পীড, $N_s = 3000\text{rpm}$

ফ্রিকুয়েন্সি, $f = 50\text{Hz}$

পোল সংখ্যা, $P = ?$

সমস্যাৱলি-৪: ঁকটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর 440V, 50H.P, 6 pole, 50Hz ঁসি সাপ্লাইয়ের সাথে সংযুক্ত করা হলে তখন মোটরটি 950rpm ঘুরলে স্লিপের মান নির্ণয় কর ।

সমাধান: ঁমরা জানি, $N_s = \frac{120f}{P}$

$$\begin{aligned}&= \frac{120 \times 50}{6} \\ &= 1000\text{rpm}\end{aligned}$$

দেয়া ঁছে,

মোট পাওয়ার, $P = 50\text{H.P}$

রোটর স্পীড, $N_r = 950\text{rpm}$

ভোল্টেজ, $V^L = 440\text{ V}$

পোল সংখ্যা, $P = 6$

স্লিপ, $S = ?$

ঁবার ঁমরা জানি,

$$\begin{aligned}\text{স্লিপ, } S &= \frac{N_s - N_r}{N_s} \times 100 \\ &= \frac{1000 - 950}{1000} \times 100 \\ &= 5\%\end{aligned}$$

সমস্যাৱলি-৫: ঁকটি তিন ফেজ 10 pole, 600rpm ঁর ঁন্টারনেটরকে 4 pole তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সাহায্যে ঘুরানো হয় । যদি মোটরের স্লিপ 5% হয়, তবে মোটরের গতিবেগ নির্ণয় কর ।

সমাধান: ঁমরা জানি, $N_s = \frac{120f}{P}$

$$\begin{aligned}\text{বা, } f &= \frac{N_s \times P}{120} \\ &= \frac{600 \times 10}{120} \\ &= 50\text{Hz}\end{aligned}$$

ঁন্টারনেটরের ক্ষেত্রে দেয়া ঁছে,

$P = 10$

$N_s = 600\text{rpm}$

$f = ?$

ঁবার ঁমরা জানি,

মোটরের সিনক্রোনাস স্পীড

মোটরের ক্ষেত্রে,

$$N_s = \frac{120f}{P}$$

$$= \frac{120 \times 50}{4}$$

$$= 1500 \text{rpm}$$

$$P = 4$$

$$N_s = 1500 \text{rpm}$$

$$\text{স্লিপ, } S = 5\% = \frac{5}{100} = 0.05$$

$$\begin{aligned} \text{মোটরের স্পীড, } N_r &= N_s(1 - S) \\ &= 1500(1 - 0.05) \\ &= 1500 \times 0.95 \\ &= 1425 \text{rpm} \end{aligned}$$

৯.৭ সিনক্রোনাস স্পীড এবং রোটর স্পীডের মধ্যে পার্থক্য

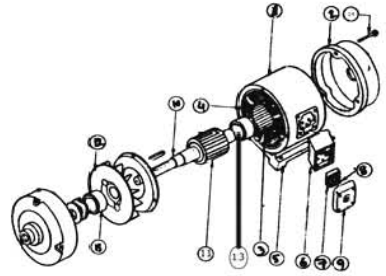
সিনক্রোনাস স্পীড ও রোটর স্পীডের মধ্যে পার্থক্য নিম্নরূপ –

ক্রমিক নং	পার্থক্যের বিষয়সমূহ	সিনক্রোনাস স্পীড	রোটর স্পীড
১।	সংজ্ঞা	ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটর যে গতিবেগে ঘোরে, তাকে সিনক্রোনাস স্পীড বলে।	ইন্ডাকশন মোটরের রোটর যে গতিবেগে ঘোরে, তাকে রোটর স্পীড বলে।
২।	গতি	সিনক্রোনাসে গতিবেগ বেশি।	রোটরে গতিবেগ কম।
৩।	ব্যবহার	নির্দিষ্ট কাজে সিনক্রোনাস স্পীড প্রয়োজন হয়, যা সিনক্রোনাস মোটরে পাওয়া যায়।	ইন্ডাকশন মোটরের রোটর গতিবেগ বিবেচনা করা হয় না।
৪।	প্রতীক	সিনক্রোনাস স্পীডকে N_s প্রকাশ করা হয়।	রোটর স্পীডকে N_r প্রকাশ করা হয়।
৫।	সূত্র	$N_s = \frac{120f}{P}$	$N_r = \frac{120f}{P} (1 - S)$

৯.৮ স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের গঠন

যে মোটরের রোটর দেখতে অনেকটা কাঠবিড়ালির খাঁচার মতো, তাকে স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর বলে। পাশে স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের গঠন [চিত্র: ৯.৫] অঙ্কন করে দেখানো হলো। নিম্নলিখিত অংশসমূহ নিয়ে স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর গঠিত –

- (১) স্টেটর;
- (২) এন্ড শীল্ড বা সাইড কভার;
- (৩) আর্মচার;
- (৪) আর্মচার ওয়াইন্ডিং;
- (৫) মাউন্টিং ফিট;
- (৬) টার্মিনাল বক্স;
- (৭) টার্মিনাল বোর্ড;
- (৮) টার্মিনাল পোস্ট;
- (৯) টার্মিনাল বক্স কভার;
- (১০) রোটর শ্যাফট;



(১১) স্কুইরেল কেজ রোটর;

(১২) কুলিং ফ্যান;

(১৩) বিয়ারিং;

(১৪) মাউন্টিং জু বা ফিক্সিং জু।

স্কুইরেল ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন অংশের বর্ণনা-

স্টেটর ফ্রেম: এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি। এটি সমগ্র মেশিনের বহিরাবরণ। এর প্রধান দুটি কাজের মধ্যে একটি হলো - পোল ও বিয়ারিং হাউসকে ধরে রাখা এবং অপরটি হলো - পোলার চৌম্বক প্রবাহের পথ তৈরি করে দেয়া।

পোল স্যু: পোল কোরের প্রান্ত ভাগ বৃত্তাকার হয় এবং দুদিকে কিছুটা প্রসারিত থাকে, তাকে পোল স্যু বলে। এতে ফিল্ড কয়েলকে কোরের চারপাশে ধরে রাখতে সুবিধা হয়।

পোল কোর: পোল কোর ইস্পাতের তৈরি। এটি ঢালাই ইস্পাতের পাতলা পাতলা শীট একত্রে রিভেট করে তৈরি করা হয়। শীটগুলোর মাঝখানে ইন্সুলেশন দেয়া থাকে। ঢালাই লোহার পরিবর্তে ঢালাই ইস্পাত ব্যবহার করা হয়।

আর্মেচার কোর: আর্মেচার কোর গোলাকার ইস্পাত শীট দ্বারা তৈরি করা হয়। এ শীটগুলো সাধারণত ০.৪ মিলিমিটার হতে ০.৫ মিলিমিটার পুরু হয় এবং এদের মধ্যে ইন্সুলেশন দেয়া থাকে।

আর্মেচার ওয়াইন্ডিং: আর্মেচার ওয়াইন্ডিংকে মোটরের প্রাণ হিসেবে ধরা হয়। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দ্বারা তৈরি করা হয়। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং ছাড়া মোটর কল্লনা করা যায় না।

ফিল্ড কয়েল: পোল কোরের উপর সুপার এনামেল কপার ওয়্যার বসিয়ে ফিল্ড কয়েল তৈরি করা হয়। এটি মোটরের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ।

স্কুইরেল কেজ রোটর: স্কুইরেল কেজ রোটর উন্নতমানের লেমিনেটেড আয়রন কোর দ্বারা তৈরি। এই রোটর শ্যাফটের সাথে মজবুতভাবে লাগানো থাকে। কোরে লম্বালম্বিভাবে স্লট বা খাঁজ কাটা থাকে যেখানে মোটা মোটা কপারের বার স্থাপন করা হয় এবং বারের প্রান্তসমূহ উভয় দিকে কপারের রিং দ্বারা শর্ট করা থাকে। এটা দেখতে অনেকটা কার্ঠবিড়ালের খাঁচার মতো। তাই একে স্কুইরেল কেজ রোটর বলা হয়।

কুলিং ফ্যান: মোটরকে ঠাণ্ডা রাখার জন্য যে ফ্যান ব্যবহার করা হয়, তাকে কুলিং ফ্যান বলে। বড় মোটরের কুলিং ফ্যানগুলো ঢালাই লোহার তৈরি এবং ছোট মোটরের ক্ষেত্রে তা প্লাস্টিকের হয়ে থাকে।

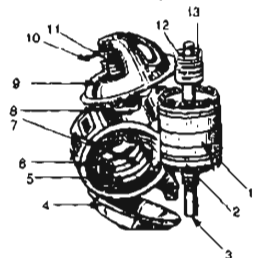
বিয়ারিং: বিয়ারিংয়ের এক অংশ এন্ড শীল্ডের সাথে স্থির এবং অপর অংশ রোটরের সাথে আটকানো অবস্থায় ঘুরতে থাকে। একে স্টেটরের অন্তর্ভুক্ত অংশ হিসেবেই ধরা হয়। এটি একটি গোলাকার চাকতিবিশেষ যা ভিতরের দিকে একটি রিং এবং বাইরের দিকে একটি রিংয়ের সমন্বয়ে গঠিত। দুটি রিংয়ের মাঝখানে ইস্পাতের বল অথবা রোলার স্থাপন করা থাকে যাতে একটি রিংকে স্থির রেখে অপরটিকে সহজে ঘুরানো যায়।

এয়ার গ্যাপ: পোল ও আর্মেচারের মধ্যবর্তী ফাঁকা জায়গাকে এয়ার গ্যাপ বলে। এ ফাঁক যত বেশি হবে চুম্বক পথের বাধা ততো বেশি হবে।

ফিটিং জু: মোটরের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করার জন্য যে জু ব্যবহৃত হয়, তাকে মোটরের ফিটিং জু বলে। এটি বিভিন্ন অংশ সেট করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

৯.৯ স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের গঠন

যে ইন্ডাকশন মোটরের রোটরে স্লিপ রিং থাকে, তাকে স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর



বলে। পাশে স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের নামসহ চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো। যথা -

- ১। রোটর কোর;
 - ২। রোটর ওয়াইন্ডিং;
 - ৩। শ্যাফট;
 - ৪। সাইড কভার;
 - ৫। স্টেটর ফ্রেম;
 - ৬। স্টেটর ওয়াইন্ডিং;
 - ৭। স্টেটর কোর;
 - ৮। টার্মিনাল বক্স;
 - ৯। স্লিপ রিং এন্ড শীল্ড;
 - ১০। শর্ট সার্কিট ডিভাইস লিভার;
 - ১১। ব্রাশ হোল্ডার;
 - ১২। স্লিপ রিং;
 - ১৩। সলিড রিং শর্ট সার্কিট ডিভাইস এবং উন্ড রোটর।
- স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন অংশের বর্ণনা-

স্টেটর ফ্রেম: এটি ঢালাই লোহা বা ইস্পাতের তৈরি। এটি সমগ্র মেশিনের বহিরাবরণ। এর প্রধান দুটি কাজের মধ্যে একটি হলো - পোল ও বিয়ারিং হাউসকে ধরে রাখা এবং অপরটি হলো - পোলের চৌম্বক প্রবাহের পথ তৈরি করে দেয়া।

পোল স্যু: পোল কোরের প্রান্ত ভাগ বৃত্তাকার হয় এবং দুদিকে কিছুটা প্রসারিত থাকে, তাকে পোল স্যু বলে। এতে ফিল্ড কয়েলকে কোরের চারপাশে ধরে রাখতে সুবিধা হয়।

পোল কোর: পোল কোর ইস্পাতের তৈরি। এটি ঢালাই ইস্পাতের পাতলা পাতলা শীট একত্রে রিভেট করে তৈরি করা হয়। শীটগুলোর মাঝখানে ইন্সুলেশন দেয়া থাকে। ঢালাই লোহার পরিবর্তে ঢালাই ইস্পাত ব্যবহার করা হয়।

আর্মেচার কোর: আর্মেচার কোর গোলাকার ইস্পাত শীট দ্বারা তৈরি করা হয়। এ শীটগুলো সাধারণত ০.৪ মিলিমিটার হতে ০.৫ মিলিমিটার পুরু হয় এবং এদের মধ্যে ইন্সুলেশন দেয়া থাকে।

আর্মেচার ওয়াইন্ডিং: আর্মেচার ওয়াইন্ডিংকে মোটরের প্রাণ হিসেবে ধরা হয়। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দ্বারা তৈরি করা হয়। আর্মেচার ওয়াইন্ডিং ছাড়া মোটর কল্পনা করা যায় না।

ফিল্ড কয়েল: পোল কোরের উপর সুপার এনামেল কপার ওয়্যার বসিয়ে ফিল্ড কয়েল তৈরি করা হয়। এটি মোটরের একটি গুরুত্বপূর্ণ অংশ।

স্লিপ রিং রোটর: রোটরের বেশি পরিমাণ রেজিস্ট্যান্স প্রয়োগ করার লক্ষ্যে ফেজ উন্ড রোটর তৈরি করা হয়। এই রোটর স্টেটর ওয়াইন্ডিংয়ের ন্যায় সুপার এনামেল কপার ওয়্যার দ্বারা তিন ফেজ ওয়াইন্ডিং করা হয়। স্টেটরের পোলের সমসংখ্যক পোল অবশ্যই রোটরে থাকে। তিন ফেজ ওয়াইন্ডিংয়ের তিন প্রান্ত রোটরের মধ্যেই শর্ট করে অন্য তিন প্রান্ত শ্যাফটে সংযুক্ত তিনটি স্লিপ রিংয়ের সাথে সংযুক্ত করা হয়। এই স্লিপ রিংয়ের সাথে তিনটি পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স কার্বন ব্রাশ দ্বারা প্রয়োজনবোধে কম-বেশি করে লাগানোর ব্যবস্থা থাকে। স্টারটিং টর্ক বাড়ানোর জন্য বাইরের রেজিস্ট্যান্স সর্বোচ্চ মানে রাখা হয় এবং মোটর চালু হবার পর ঐ রেজিস্ট্যান্সের মান কমিয়ে

শূন্যে আনার ব্যবস্থা করা হয়। স্লিপ রিংয়ে ব্যবহৃত রেজিস্ট্যান্সের মান কম-বেশি করে মোটর গতি নিয়ন্ত্রণ করা যায়।

কুলিং ফ্যান: মোটরকে ঠাণ্ডা রাখার জন্য যে ফ্যান ব্যবহার করা হয়, তাকে কুলিং ফ্যান বলে। বড় মোটরের কুলিং ফ্যানগুলো ঢালাই লোহার তৈরি এবং ছোট মোটরের ক্ষেত্রে তা প্লাস্টিকের হয়ে থাকে।

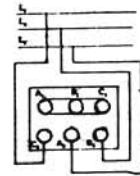
বিয়ারিং: বিয়ারিংয়ের এক অংশ এন্ড শীশের সাথে স্থির এবং অপর অংশ রোটরের সাথে অটকানো অবস্থায় ঘুরতে থাকে। একে স্টেটরের অন্তর্ভুক্ত অংশ হিসেবেই ধরা হয়। এটি একটি গোলাকার চাকতিবিশেষ যা ভিতরের দিকে একটি রিং এবং বাইরের দিকে একটি রিংয়ের সমন্বয়ে গঠিত। দুটি রিংয়ের মাঝখানে ইম্পাক্তের বল অথবা রোলার স্থাপন করা থাকে যাতে একটি রিংকে স্থির রেখে অপরটিকে সহজে ঘুরানো যায়।

এয়ার গ্যাপ: পোল ও আর্মেচারের মধ্যবর্তী ফাঁকা জায়গাকে এয়ার গ্যাপ বলে। এ ফাঁক যত বেশি হবে চুম্বক পথের বাধা ততো বেশি হবে।

ফিটিং জু: মোটরের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করার জন্য যে জু ব্যবহৃত হয়, তাকে মোটরের ফিটিং জু বলে। এটি বিভিন্ন অংশ সেট করার জন্য ব্যবহার করা হয়।

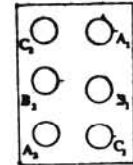
৯.১০ তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টার সংযোগ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের তিনটি কয়েলের মধ্যে ছয়টি প্রান্ত থাকে। এদের অনুরূপ প্রান্ত তিনটি একত্রে শর্ট করে অপর তিনটি প্রান্ত তিন ফেজ এলি সরবরাহ দেয়াকে তিন ফেজ স্টার সংযোগ বলে।



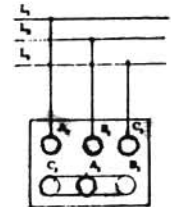
একপাশের তিনটি টার্মিনালকে পরস্পর সংযোগ করে ঠিক পরেই করা

ইন্ডাকশন মোটরের টার্মিনাল বক্সে তিনটি কয়েলে ছয়টি টার্মিনাল পোস্ট এনে কানেক্টরের সাহায্যে সংযোগ দেয়া হয়। এগুলো দুটি সারিতে সাজানো হয়। কয়েলগুলোর শুরু প্রান্ত এক সারিতে এবং শেষ প্রান্ত অপর সারিতে সাজানো আছে যা পার্শ্ব চিত্রে দেখানো হলো।



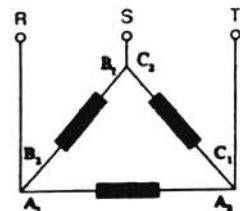
দু' সারিতে সাজানো ইন্ডাকশন মোটরের টার্মিনাল বক্স

এক পাশের তিনটি টার্মিনালকে শর্ট করে অপর তিনটি টার্মিনাল তিন ফেজ এলি সরবরাহের সাথে সংযোগ করে তিন ফেজ মোটর চালু করা যায়। তা পাশের চিত্রের সাহায্যে দেখানো হলো।



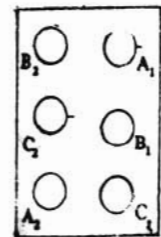
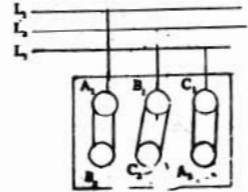
৯.১১ তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডেল্টা সংযোগ

মোটরের তিনটি কয়েলের মধ্যে ছয়টি টার্মিনাল থাকে। এদের একটি কয়েলের শুরু প্রান্তের সাথে অপর কয়েলের শেষ প্রান্ত সংযোগ করে তিন ফেজ এলি সরবরাহ দেয়া হয় তাকে তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ বলে। পাশে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডেল্টা সংযোগ [চিত্র: ৯.৭] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



ইন্ডাকশন মোটরের টার্মিনাল বক্সে তিনটি কয়েলের ছয়টি প্রান্তকে ছয়টি পোস্টে কানেক্টরের সাহায্যে সংযোগ করা হয়। এগুলো দুটি সারিতে সাজানো হয়। কয়েলগুলোর শুরু প্রান্ত এক সারিতে এবং শেষ প্রান্ত অপর সারিতে সাজানো থাকে।

প্রত্যেক সারিতে টার্মিনালগুলো এমনভাবে সাজানো থাকে যাতে এক কয়েলের শুরু প্রান্তের পাশে অপর কয়েলের শেষ প্রান্ত সাজানো থাকে যা পার্শ্ব চিত্রে দেখানো হলো। ইন্ডাকশন মোটরকে ডেল্টা সংযোগ করতে হলে টার্মিনাল পোস্টের দুটি সারির মধ্যে পর্যায়ক্রমে প্রথমটির প্রথম প্রান্তের সাথে দ্বিতীয়টির শেষ প্রান্ত; দ্বিতীয়টির প্রথম প্রান্তের সাথে তৃতীয়টির শেষ প্রান্ত; তৃতীয়টির প্রথম প্রান্তের সাথে প্রথমটির শেষ প্রান্ত সংযোগ করে তিন ফেজ সরবরাহ দেয়া হয় বা উপরের চিত্রের সাহায্যে দেখানো হয়েছে।



৯.১২ স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর ও স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের মধ্যে তুলনা
স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর ও স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের তুলনা নিম্নে দেয়া হলো -

স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর	স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর
১। যে মোটরের রোটর এন্ড রিং দ্বারা শর্ট করা হয় এবং দেখতে কাঠবিড়ালির খাঁচার মতো হয় তাকে স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর বলে।	১। যে মোটরের রোটর সার্কিটে স্লিপ রিং ব্যবহার করা হয়, তাকে স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর বলে।
২। এটির স্টার্টিং টর্ক কম হয়।	২। এটির স্টার্টিং টর্ক বেশি হয়।
৩। নির্মাণ খরচ কম।	৩। নির্মাণ খরচ বেশি।
৪। মোটর চালু হবার পর গতিবেগ খুব পরিবর্তন হয় না।	৪। মোটর চালু হবার পর এবং লোডের পরিবর্তনে গতিবেগ পরিবর্তন হয়।
৫। পাওয়ার ফ্যাক্টর কম হয়।	৫। পাওয়ার ফ্যাক্টর বেশি হয়।

অনুশীলনী-৯

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ইন্ডাকশন মোটরকে অ্যাসিনক্রোনাস মোটর বলা হয় কেন?
- ২। ইন্ডাকশন মোটরের স্টেটরের দুটি অংশের নাম লেখ।
- ৩। ইন্ডাকশন মোটরের রোটরের দুটি অংশের নাম লেখ।
- ৪। সিনক্রোনাস স্পীড বা সুষম গতিবেগ কাকে বলে?
- ৫। রোটর স্পীড কাকে বলে?
- ৬। সিনক্রোনাস স্পীডের সূত্রটি লেখ।
- ৭। সিনক্রোনাস স্পীড ও রোটর স্পীড সমান হলে মোটরের কী অবস্থা হবে?
- ৮। স্লিপ নির্ণয়ের সূত্রটি লেখ।

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর বলতে কী বোঝায়?
- ২। ঘুরন্ত চৌম্বকক্ষেত্র কী?
- ৩। রোটর স্পীডের সূত্রটি লেখ।
- ৪। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের স্টার সংযোগ কী?
- ৫। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ডেল্টা সংযোগ কী?
- ৬। প্রমাণ কর যে, $N_s = \frac{120f}{P}$ ।
- ৭। সিনক্রোনাস স্পীড ও রোটর স্পীডের মধ্যে পার্থক্য কী?
- ৮। স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর কী কী অংশ নিয়ে গঠিত?
- ৯। স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর কী কী অংশ নিয়ে গঠিত?
- ১০। স্লিপ কী? এটি কত প্রকার ও কী কী?

সমস্যাগুলি

- ১। 3-φ ইন্ডাকশন মোটরের পোল সংখ্যা 8, স্লিপ 2.5% এবং ফ্রিকুয়েন্সি 50Hz হলে, রোটর স্পীড নির্ণয় কর। [731.25 r.p.m]
- ২। একটি 3-φ ইন্ডাকশন মোটরের সরবরাহ ভোল্টেজ 440V, 8 pole, 50Hz হলে, মোটরের সিনক্রোনাস স্পীড কত হবে? [750 r.p.m]
- ৩। একটি 3-φ, 400V, 4 pole, 50Hz ইন্ডাকশন মোটরের স্লিপ 2.5% হলে, মোটরের রোটর ফ্রিকুয়েন্সি নির্ণয় কর। [1.25 Hz]
- ৪। একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ফ্রিকুয়েন্সি 50Hz এবং ঘূর্ণন গতিবেগ 300 আরপিএম হলে মোটরের পোল সংখ্যা নির্ণয় কর। [P = 2]
- ৫। একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সরবরাহ ভোল্টেজ 440V, 50Hz, 6 pole এবং ঘূর্ণন গতিবেগ 950 আরপিএম হলে মোটরের স্লিপ নির্ণয় কর। [0.05]
- ৬। একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর 440V, 50Hz, 6 Pole ফুল লোডে স্লিপ 5% হলে, মোটরের রোটর গতিবেগ নির্ণয় কর। [950 r.p.m]

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘুরন্ত চৌম্বক ক্ষেত্র বলতে কী বোঝায়?
- ২। তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে কীভাবে টর্ক উৎপন্ন হয় বর্ণনা কর।
- ৩। স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটর ও স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের মধ্যে পার্থক্য আলোচনা কর।
- ৪। প্রমাণ কর যে, $N_r = \frac{120f}{P}(1-s)$ । এখানে N_r , f , P , s প্রচলিত অর্থ বহন করে।

দশম অধ্যায়

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর নিয়ন্ত্রণ

১০.১ মোটরের নেমপ্লেট রেটিং বিবৃতিকরণ

মোটরের ইনপুট ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ার এবং আউটপুট যান্ত্রিক পাওয়ার। অর্থাৎ, মোটর বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করে। মোটরের ইনপুটে যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক পাওয়ার প্রয়োগ করা হয়, আউটপুটে তা সম্পূর্ণরূপে পাওয়া যায় না। কারণ মোটরের অভ্যন্তরে কিছু পাওয়ার লস হয়। মোটরের নেমপ্লেট রেটিং বলতে এটির আউটপুট পাওয়ার বা ক্ষমতাকে বুঝায়। আর আউটপুট পাওয়ারকে হর্স পাওয়ার (H.P) এককে প্রকাশ করা হয়। তাই মোটরের নেমপ্লেট রেটিং হচ্ছে হর্স পাওয়ার।

১ হর্স পাওয়ার = ৭৪৬ ওয়াট। এটা হলো ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ার ও যান্ত্রিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক।

১০.২ ইন্ডাকশন মোটর স্থাপন

ইন্ডাকশন মোটর স্থাপন করার পদ্ধতি নিম্নে আলোচনা করা হলো -

- (১) মোটর স্থাপন করার জন্য জায়গা অথবা স্থান নির্বাচন করতে হবে।
- (২) নির্দিষ্ট কাজের উপযোগী অনুযায়ী 1-φ অথবা 3-φ মোটর নির্বাচন করতে হবে।
- (৩) লোড হিসাব অনুযায়ী কিছু বেশি ক্ষমতাসম্পন্ন মোটর ক্রয় করতে হবে।
- (৪) মোটরের ক্ষমতা অনুযায়ী ফুল লোড কারেন্টের ১২৫% - ১৫০% বেশি ধরে ক্যাবলের সাইজ নির্ধারণ করতে হবে।
- (৫) মোটরের ফুল লোড কারেন্টের ২০০% ধরে সার্কিট ব্রেকারের সাইজ নির্ধারণ করতে হবে।
- (৬) মোটরের লোড ওঠা-নামা না করলে ফুল লোড কারেন্ট অনুযায়ী ওভার লোড অ্যাম্পিয়ার রেটিং সেট করতে হবে। কিন্তু লোড ওঠা-নামা করলে ফুল লোড কারেন্টের চেয়ে ১১০% বেশি ধরে অ্যাম্পিয়ার রেটিং সেট করতে হবে।
- (৭) মোটরটি 1-φ হলে ফুল লোড কারেন্টের ৩ গুণ হবে। আর 3-φ মোটর হলে ফুললোড কারেন্টের ২ গুণ এবং স্লিপ রিং মোটর হলে ফুল লোড কারেন্টের দেড়গুণ বেশি করে মেইনসুইচ ও ফিউজের সাইজ নির্ধারণ করতে হবে।
- (৮) আর্থ ওয়্যার ফুল লোড কারেন্টের ৫০% ধরে হিসাব করতে হবে।
- (৯) মোটরের ওয়্যারিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
- (১০) ক্যাবলের কন্টিনিউটি, মোটরের কয়েলের কন্টিনিউটি, সিবি, মেইন সুইচ, ফিউজ, ওভার লোড ঠিক আছে কী-না চেক করতে হবে।
- (১১) ওয়্যারিং ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ওয়্যারিং কাজ সম্পন্ন করতে হবে।
- (১২) মোটর নির্মাতা প্রতিষ্ঠান কর্তৃক ম্যানুয়াল অনুযায়ী সংযোগ দিতে হবে।
- (১৩) সমস্ত ওয়্যারিং চেক করে মোটর সাপ্লাই দিতে হবে।

১০.৩ ইন্ডাকশন মোটর চালুকরণে বিশেষ পদ্ধতি অবলম্বন

ইন্ডাকশন মোটর চালু করার মুহূর্তে রোটর স্থির অবস্থায় থাকে। ফলে স্টেটরে পূর্ণ ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হলে, স্থির অবস্থায় রোটরে কোনো ব্যাক ই.এম.এফ থাকে না। ফলে মোটর চালু করার সময় লাইন হতে ফুল লোড কারেন্টের

৫ হতে ৭ গুণ বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয়। চালু করার মুহূর্ত হতে রোটর পূর্ণ গতিতে না পৌঁছানো পর্যন্ত এ কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ফলে মোটরের ওয়াইন্ডিং, ফিউজ, সুইচ, তার ইত্যাদি পুড়ে যেতে পারে। মোটর চালু করার সময় অধিক কারেন্ট প্রবাহিত হলে লাইনে ভোল্টেজ ড্রপ বেশি হয়। ফলে সরবরাহের সাথে সংযুক্ত অন্যান্য রানিং মেশিন কম ভোল্টেজ পাওয়ায় বন্ধ হয়ে যেতে পারে। চালু করার সময় যাতে নিরাপদের চেয়ে বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হতে না পারে এবং পূর্ণ গতিতে চলার সময় ফুল ভোল্টেজ সরবরাহ পেতে পারে, তার জন্য বিশেষ চালুকরণ পদ্ধতি অবলম্বন করা হয়।

১০.৪ ইন্ডাকশন মোটর চালুকরণে বিভিন্ন পদ্ধতির নাম

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার জন্য নিম্নলিখিত পদ্ধতিসমূহ ব্যবহৃত হয় -

- (ক) ফুল ভোল্টেজ পদ্ধতি;
- (খ) হ্রাসকৃত ভোল্টেজ পদ্ধতি;
- (গ) আংশিক ওয়াইন্ডিং পদ্ধতি;
- (ঘ) রোটর রেজিস্ট্যান্স পদ্ধতি।

পদ্ধতিগুলোর মধ্যে রোটর রেজিস্ট্যান্স শুধুমাত্র স্লিপ রিং মোটরের ক্ষেত্রে এবং অন্যান্য পদ্ধতিগুলো স্কুইরেল কেজ ইন্ডাকশন মোটরের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়। হ্রাসকৃত ভোল্টেজ পদ্ধতিতে চালু করার সময়ে মোটরের স্টেটরে লাইন ভোল্টেজের চেয়ে কম ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় এবং মোটর পূর্ণ গতিতে ঘুরতে শুরু করলে স্টেটরে ফুল ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়। এই পদ্ধতিতে নিম্নলিখিত ব্যবস্থাসমূহ গ্রহণ করা হয় -

- (ক) থাইমারি রিহোস্টেট পদ্ধতি;
- (খ) অটো-ট্রান্সফরমার পদ্ধতি;
- (গ) স্টার-ডেল্টা স্টার্টার পদ্ধতি।

১০.৫ স্টার-ডেল্টা ম্যানুয়েল স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরে তিনটি ওয়াইন্ডিংয়ের ছয়টি টার্মিনাল খোলা অবস্থায় থাকে। নিচের চিত্রে স্টার-ডেল্টা ম্যানুয়েল স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালুকরণ পদ্ধতি দেখানো হলো। ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারে দুই সেট কন্ট্রোল পয়েন্ট থাকে। একটি স্টারটিং কন্ট্রোল, অপরটি রানিং কন্ট্রোল। দুই কন্ট্রালের মাঝখানে একটি হ্যান্ডেল বা হাতল থাকে। স্টারটিংয়ের সময় স্টারটিং কারেন্ট কমানোর জন্য, প্রথমে হ্যান্ডেলটি নিচের দিকে ঘুরিয়ে কয়েল তিনটিকে স্টার্টে সংযোগ করা হয়। ফলে মোটর স্টার সংযোগ পেয়ে ঘুরতে থাকে। কিছুক্ষণ পর মোটর যখন ফুল লোড গতিবেগের কাছাকাছি আসে ঠিক তখন হ্যান্ডেলটি চাপ দিয়ে উপরের দিকে ঘুরিয়ে কয়েল তিনটিকে ডেল্টাতে সংযোগ দেয়া হয়। তখন মোটর ডেল্টা সংযোগ পেয়ে পূর্ণ গতিবেগে ঘুরতে থাকে। এভাবে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাথে সংযোগ করে চালু করা যায়।

এখানে,

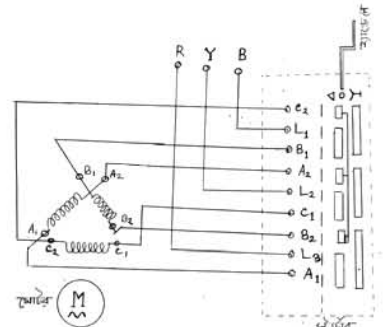
R, Y, B = রেড, ইয়েলো, ব্লু ফেজ

A₁, A₂ = এ১ ও এ২ টার্মিনালে ১ম কয়েল

B₁, B₂ = বি১ ও বি২ টার্মিনালে ২য় কয়েল

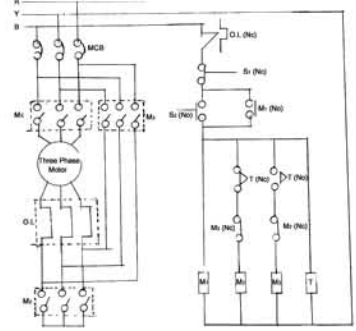
C₁, C₂ = সি১ ও সি২ টার্মিনালে ১ম কয়েল

L₁, L₂, L₃ = লাইন টার্মিনাল



১০.৬ স্টার-ডেল্টা স্বয়ংক্রিয় (অটোমেটিক) স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ

স্টার্টারের অন সুইচ অন করলে মোটর প্রথমে স্টার সংযোগে চালু হয় এবং টাইমারে সেটিং করা নির্দিষ্ট সময় পর স্বয়ংক্রিয়ভাবে মোটর ডেল্টার সংযোগ পেয়ে চালু হয়। পাওয়ার ও কন্ট্রোলিং ডায়গ্রামের মাধ্যমে স্বয়ংক্রিয় স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার সার্কিট [চিত্র: ১০.২] পাশে অঙ্কন করে দেখানো হলো। এ স্টার্টার সাধারণত 15H.P ক্ষমতাসম্পন্ন হতে এর উপরের ক্ষমতাসম্পন্ন মোটরের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।



চিত্র অনুযায়ী স্বয়ংক্রিয় স্টার-ডেল্টা স্টার্টার ও তিন ফেজ মোটর সংযোগ করি। সার্কিটে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিয়ে অন সুইচ পুশ করলে প্রধান কন্ট্রোলারের সাহায্যকারী ওপেন কন্টাক্ট $M_1(Nc)$ ক্লোজড হয়ে প্রধান কন্টাক্টর, স্টার কন্টাক্টর ও টাইমার কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ফলে প্রধান কন্টাক্টর ও স্টার কন্টাক্টর চালু হয়ে মোটর স্টার সংযোগে চলে। টাইমারে যত সময় সেট করে দেয়া হয়, ঠিক সেইসময় পর টাইমারের ক্লোজড কন্টাক্ট $T(Nc)$ ওপেন হয়ে সাহায্যকারী ওপেন কন্টাক্ট $T(Nc)$ টাইমারের ক্লোজড হয়ে স্টার কন্টাক্টরের কয়েলের কারেন্ট প্রবাহ চেষ্টা করে দেয়। ফলে স্টার কন্টাক্টর ওপেন হয়ে প্রধান কন্টাক্টর, ডেল্টা কন্টাক্টর ও টাইমার কয়েলে কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে মোটর ডেল্টা সংযোগ চলতে থাকে। আমরা যদি মোটরকে বন্ধ করতে চাই, তাহলে অফ সুইচ পুশ করলে সার্কিটের কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়। ফলে মোটর আর ঘুরতে পারে না। তাছাড়া কোনো কারণে মোটরের কয়েলের মধ্য দিয়ে অধিক কারেন্ট প্রবাহিত হলে মোটরের গুভার লোড রিলে ট্রিপ করে। ফলে মোটর বন্ধ হয়ে যায় এবং মোটরকে অধিক ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে। এভাবে স্বয়ংক্রিয় স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালু করা যায়।

১০.৭ ডিওএল স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ

5 H.P এর অনধিক ইন্ডাকশন মোটরকে D.O.L স্টার্টারের সাহায্যে চালু করা যাবে না। ডিওএল স্টার্টারের সাথে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সংযোগ [চিত্র: ১০.৩] পাশে অঙ্কন করা হলো।

এখানে,

R, Y, B = রেড, ইয়েলো, ব্লু ফেজ ক্যাবল

O.L = গুভার লোড রীলে

O.L(Nc) = গুভার লোড নরম্যালি ক্লোজ কন্টাক্ট

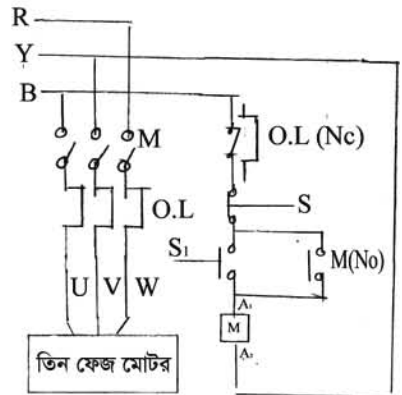
S_1 = অফ সুইচ নরম্যালি ক্লোজ কন্টাক্ট

S_2 = অন সুইচ নরম্যালি ওপেন কন্টাক্ট

M = ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর

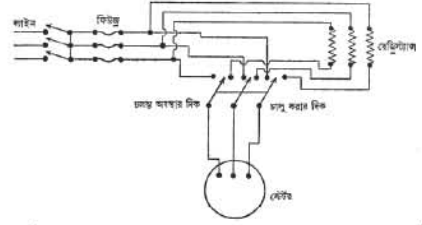
$M(Nc)$ = ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর'স ওপেন কন্টাক্ট

A1 - A2 = ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর'স কয়েল কানেকশন



ইন্ডাকশন মোটর চালু করার সময় মোটরের রোটারে কোনো ব্যাক ই.এম.এফ থাকে না। ফলে মোটর চালু করার সময় লাইন হতে ফুল লোড কারেন্টের চেয়ে ৫ হতে ৭ গুণ বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয়। মোটরে স্টার্টার ব্যবহার করলে লাইন হতে ১.৫ গুণ হতে ২ গুণের বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হতে দেয় না। ফলে মোটরকে নিরাপদে চালু করা যায়। তিন ফেজ

এসি সরবরাহ দেয়ার জন্য মোটরকে স্টার্টারের আউটপুটে সংযোগ করি। স্টার্টারের অন সুইচ চালু করলে স্টার্টারের সাহায্যকারী কন্ট্রাষ্ট (No) ও স্টার্টার কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়। ফলে স্টার্টারের মেইন কন্ট্রাষ্ট ক্লোজড হয়ে মোটর চলতে থাকে। আবার অফ সুইচ অন করলে স্টার্টারের সাহায্যকারী কন্ট্রাষ্ট (No) ও কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। ফলে স্টার্টারের মেইন কন্ট্রাষ্ট ওপেন হয়ে মোটর ঘুরতে পারে না। কোনো কারণে মোটরের মধ্য দিয়ে যদি অধিক কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তখন স্টার্টারের ওভার লোড ট্রিপ করে মোটরকে বন্ধ করে দেয়। ফলে মোটর অধিক ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা পায়। এভাবে ডিওএল স্টার্টার কাজ করে থাকে।

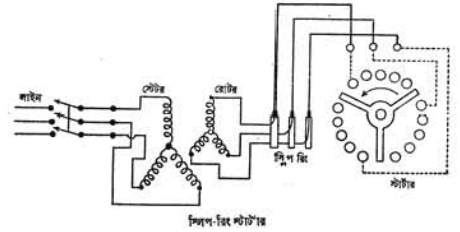


১০.৮ প্রাইমারি রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ

এ পদ্ধতিতে তিন ফেজ সরবরাহ ভোল্টেজের সাথে মোটরের টার্মিনালসমূহ পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করা হয়। মোটর চালু করার সময় পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের মাধ্যমে কম সরবরাহ ভোল্টেজ দেয়া হয়। মোটর চালু হবার পর যখন মোটরের মধ্যে ব্যাক ই.এম.এফ তৈরি হয়, তখন ধীরে ধীরে পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স লাইন হতে বিচ্ছিন্ন করে দেয়া হয়। এ পদ্ধতি ছোট মোটরের জন্য সুবিধাজনক। কারণ, রেজিস্ট্যান্সে পাওয়ার অপচয় হয়। প্রাইমারি রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালু করা [চিত্র: ১০.৪]-এ অঙ্কন করে দেখানো হলো।

১০.৯ রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার বা স্লিপ রিং স্টার্টারের সাহায্যে স্লিপ রিং মোটর চালুকরণ

যে কন্ট্রোল যন্ত্রের সাহায্যে স্ট্যাটিং কারেন্টকে কমিয়ে মোটরকে চালু করা হয়, তাকে রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার বা স্লিপ রিং স্টার্টার বলে। এতে স্টার্টারে সঞ্চিত রেজিস্ট্যান্সে ভোল্টেজ ড্রপ হয়ে কম ভোল্টেজ নিরাপদে মোটর চালু করে।

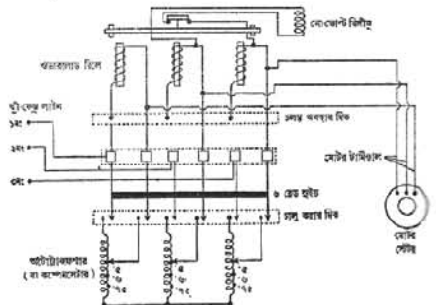


তিন ফেজ স্লিপ রিং মোটর রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে চালু করা হয়। স্লিপ রিং মোটরের স্টেটর ও রোটর উভয়তেই তিন ফেজ ওয়াইন্ডিং থাকে। এই মোটরের স্টেটরে সবসময়ই পুরো

লাইন ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয়। কিন্তু স্ট্যাটিং কারেন্টকে সীমিত রাখার জন্য রোটর সার্কিটে অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স যোগ করতে হয়। রোটর সার্কিটে অতিরিক্ত রেজিস্ট্যান্স যোগ করে মোটর চালু করার ফলে পাওয়ার ফ্যাক্টর উন্নত হয়ে মোটরের স্ট্যাটিং টর্কও বৃদ্ধি পায়। স্টার্টারের রেজিস্ট্যান্স রোটর সার্কিটের সঙ্গে যুক্ত হয়ে মোটর চালু হয় বলে এর এইরকম নামকরণ করা হয়েছে। মোটরের শ্যাফটের উপর তিনটি স্লিপ রিং বসান থাকে। ঐ তিনটি স্লিপ রিং রোটরের তিন ফেজ ওয়াইন্ডিংয়ের তিনটি টার্মিনালের সঙ্গে যুক্ত থাকে। স্টার্টারের ভিতরের তিন সারি রেজিস্ট্যান্স স্টার সংযোগে যুক্ত করে তার তিনটি টার্মিনালকে ব্রাশের মাধ্যমে স্লিপ রিংয়ের সঙ্গে সংযোগ করা হয়। রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সঙ্গে স্লিপ রিং মোটরের সংযোগ [চিত্র: ১০.৫] অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। স্লিপ রিং মোটরের স্টেটরে স্টার সংযোগ এবং রোটর সার্কিটে ডেল্টা সংযোগ করা হয়।

১০.১০ অটো ট্রান্সফরমার স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ

যে অটো ট্রান্সফরমার কন্ট্রোল যন্ত্রের সাহায্যে সরবরাহ ভোল্টেজকে কমিয়ে মোটর চালু করা হয়, তাকে অটো ট্রান্সফরমার স্টার্টার বলে। স্লিপ রিং মোটরে এ ধরনের স্টার্টার ব্যবহার করা হয়।



অটো ট্রান্সফরমার স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালুকরণ: 50H.P উর্ধ্ব মোটরগুলোতে অটো ট্রান্সফরমার স্টার্টার ব্যবহার করা হয়। এই স্টার্টারের সাহায্যে কম ভোল্টেজে মোটর চালু করা হয়। সাধারণত অটো ট্রান্সফরমারের লাইন ভোল্টেজ ৪০%, ৫০%, ৬০% এবং ৭৫% ট্যাপিং করা থাকে। কম মানের ট্যাপিং সংযোগ করে কম মানের স্টার্টিং টর্ক উৎপন্ন হয়। ট্যাপিং সিলেকশনের উপর নির্ভর করে স্টার্টিং কারেন্ট প্রবাহিত হয়। মোটর যখন বেশি ভোল্টেজের কাছাকাছি আসে তখন স্টার সার্কিট হতে ডেন্টা সার্কিটে স্বয়ংক্রিয়ভাবে রূপান্তরিত হয় এবং সম্পূর্ণ স্টার্টিং রেজিস্ট্যান্স আরোপিত হয়ে মোটর পূর্ণ গতিতে ঘোরে।

১০.১১ তিন ফেজ মোটরে ওভার লোড রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

3-φ ইন্ডাকশন মোটর চালু করার সময় ফুল লোড কারেন্টের ৫ গুণ হতে ৭ গুণ বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয়, যা মোটরের কয়েলের জন্য খুবই ক্ষতিকারক। অল্প সময়ের জন্য মোটরে এ কারেন্ট প্রবাহিত হয় এবং মোটর পূর্ণ গতিতে ঘুরতে শুরু করলে কারেন্ট স্বাভাবিক মানে ফিরে আসে। তাছাড়া অতিরিক্ত লোডের জন্য অত্যধিক কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে মোটর গরম হয়ে কয়েল পুড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

মোটর চালু করার সময় অতিরিক্ত কারেন্টকে নিরাপদ সীমার মধ্যে রাখার জন্য স্টার্টারের সাথে ওভার লোড রিলে ব্যবহার করা হয়। ফলে মোটরে অতিরিক্ত কারেন্ট প্রবাহিত হলে ওভার লোড কন্ট্রোল্ট খুলে গিয়ে মোটরকে অধিক ক্ষতির হাত থেকে রক্ষা করে। তাই মোটরের স্টার্টারের সাথে ওভার লোড রিলে ব্যবহারের করা প্রয়োজন।

১০.১২ তিন ফেজ মোটরে আভার ভোল্টেজ রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

ওভার লোড কারেন্ট মোটরের জন্য যেমন ক্ষতিকারক, তেমনি আভার ভোল্টেজও ক্ষতিকারক। মোটর চালু করার জন্য যে সাপ্লাই ভোল্টেজ মোটরের জন্য দরকার কিন্তু সাপ্লাই ভোল্টেজ তার চেয়ে কম হলে মোটর চালু হবে না এবং মোটর গাঁ-গাঁ শব্দ করবে। এমনকি মোটরের কয়েল পুড়ে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে। তখন মোটরের স্টার্টারের সাথে আভার ভোল্টেজ রিলে সংযোগ থাকলে রিলে অপারেট করে মোটরের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে। ফলে মোটর নিরাপদে থাকে।

তাই, লো-ভোল্টেজ ক্ষতির হাত থেকে মোটরকে রক্ষা করার জন্য স্টার্টারের সাথে আভার ভোল্টেজ রিলে ব্যবহার করার প্রয়োজন।

১০.১৩ তিন ফেজ মোটরে সংযোগ তারের সাইজ ও ফিউজ রেটিং নির্ণয়

ইন্ডাকশন মোটর চালু করার সময় ফুল লোড কারেন্টের ৫ গুণ হতে ৭ গুণ বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হয়। 3-φ এবং 1-φ ইন্ডাকশন মোটরের ফুল লোড কারেন্টের সূত্র হতে আমরা জানি,

$$I_{FL} = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V_L \times \eta \times \cos \theta} \quad [3-\phi] \text{ এবং } I_{FL} = \frac{HP \times 746}{V_L \times \eta \times \cos \theta} \quad [1-\phi]$$

এখানে,

I_{FL} = মোটরের ফুল লোড কারেন্ট;

HP = মোটরের মোট আউটপুট পাওয়ার;

V_L = মোটরের সাপ্লাই ভোল্টেজ;

η = মোটরের কর্মদক্ষতা;

$\cos \theta$ = মোটরের পাওয়ার ফ্যাক্টর।

ক্যাবলের সাইজ: মোটরের ক্ষমতা অনুযায়ী ফুল লোড কারেন্টের ১২৫% হতে ১৫০% ধরে ক্যাবলের সাইজ নির্ধারণ করতে হয়।

ওভার লোড সেটিং: মোটরের লোড ওঠা-নামা না করলে ফুল লোড কারেন্টের অ্যাম্পিয়ার রেটিং অনুযায়ী ওভার লোড সেটিং করতে হবে। আর যদি মোটরের লোড ওঠা-নামা করে তবে ফুল লোড কারেন্টের চেয়ে ১১০% বেশি ধরে ওভার লোড অ্যাম্পিয়ার রেটিং সেটিং করতে হয়।

ওভার লোডের টাইম সেটিং: $T = HP \times \frac{1}{2} + 5$ সূত্র অনুসারে ওভার লোডের টাইম সেটিং করতে হয়। সার্কিট ব্রেকার / মেইন সুইচ / ফিউজ রেটিং: মোটর চালু করার সময় যে স্ট্যাটিং কারেন্ট বহন করতে পারে, তাকে মোটরের ফিউজ রেটিং বলে। মোটর সার্কিটের জন্য টাইম-ল্যাম্প ফিউজ ব্যবহার করা হয়। মোটরটি 1-φ ইন্ডাকশন মোটর হলে ফুল লোড কারেন্টের ৩ গুণ, 3-φ ইন্ডাকশন মোটর হলে ২ গুণ এবং ত্রি-প রিং মোটর হলে ফুল লোড কারেন্টের দেড়গুণ বেশি ধরে মেইন সুইচ ও ফিউজ রেটিংয়ের সাইজ নির্ধারণ করতে হবে।

আর্থিং ওয়্যারের সাইজ: আর্থ ওয়্যার ফুল লোড কারেন্টের ৫০% কম ধরে নির্ধারণ করতে হয়।

১০.১৪ তিন ফেজ মোটরে ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করার পদক্ষেপ

তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করতে হলে নিম্নলিখিত পদক্ষেপসমূহ গ্রহণ করতে হয়। যথা-
(ক) তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের যে কোনো দুইটি ফেজের সংযোগের অবস্থান পরিবর্তন করে মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করা যায়।

(খ) মোটরের ঘূর্ণনের দিক স্থায়ীভাবে পরিবর্তন করতে হলে তিন ফেজ সাপ্লাইয়ের দুটি ফেজ স্থায়ীভাবে সংযোগ বদল করে মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করা যায়।

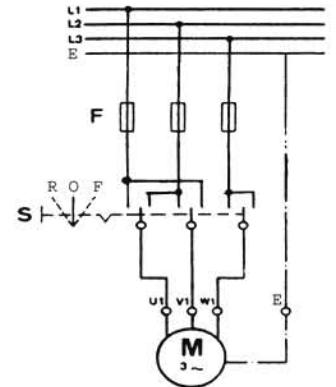
(গ) মোটরের ঘূর্ণনের দিক বারবার এবং যে কোনো সময় পরিবর্তন করার প্রয়োজন হলে পাওয়ার সার্কিটে তিন পোল সিলেক্টর সুইচ ব্যবহার করে মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করা যায়।

(ঘ) মোটরের কন্ট্রোল সার্কিটে টাইমার, রিলে এবং ম্যাগনেটিক কন্ট্রোলারের সাহায্যে মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করা যায়।

(ঙ) হালকা লোডবিশিষ্ট মোটরের ঘূর্ণন দিক সরাসরি পরিবর্তন করা যায় কিন্তু ভারী লোডবিশিষ্ট মোটরকে ব্রেক করে কমিয়ে ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করতে হয়।

১০.১৫ পরিবর্তনকারী সুইচের সাহায্যে তিন ফেজ মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করে চালুকরণ

তিন ফেজ মোটরে তিন ফেজ এসি সাপ্লাই দিয়ে তিন পোল সুইচের শূন্য অবস্থায় হতে ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরিয়ে R পজিশনে দিলে মোটরটি ফরোয়ার্ডে ঘুরবে। কিন্তু মোটরকে বিপরীত দিকে ঘুরানো হয়, তবে সুইচকে পুনরায় শূন্য অবস্থানে আনতে হবে এবং সুইচকে ঘড়ির কাঁটার বিপরীত দিকে ঘুরিয়ে L পজিশনে রাখলে মোটরটি রিভার্সে ঘুরবে। এভাবে তিন পোল সুইচের মাধ্যমে মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন করা যায়।



তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনকারী সুইচের সাহায্যে চালু করার সার্কিট [চিত্র: ১০.৭] পাশে অঙ্কন করে দেখানো হলো।

এখানে,

L_1, L_2, L_3 = তিন ফেজ সাপ্লাই ভোল্টেজ

E = আর্থিং লাইন

F = ফিউজ

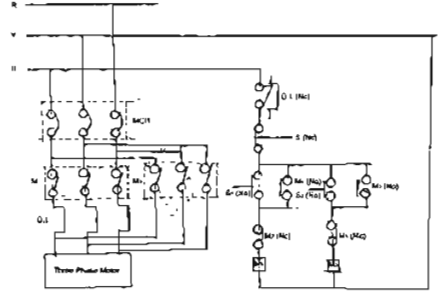
S	= তিন পোল সিলেক্টর সুইচ
U_1, V_1, W_1	= মোটরের টার্মিনালসমূহ
O	= সিলেক্টর সুইচের অফ পজিশন
F	= সিলেক্টর সুইচের ফরোয়ার্ড পজিশন
R	= সিলেক্টর সুইচের রিভার্স পজিশন
M	= তিন ফেজ মোটর

১০.১৬ তিন ফেজ মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনের প্রতিক্রিয়া তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনের প্রতিক্রিয়া নিম্নে ব্যক্ত করা হলো:

সুইচ S_1 চালু করলে $M_1(Nc)$ কন্টাক্ট ক্লোজ হয়ে ফরোয়ার্ড ম্যাগনেটিক কন্টাক্টের কয়েলে কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে মোটরে ডানাবর্তে ঘুরবে। যদি মোটরকে রিভার্সে ঘুরানোর প্রয়োজন হয়, তবে অফ সুইচ S পুশ করলে মোটর বন্ধ হয়ে যায়। তখন সুইচ S_2 চালু করলে $M_2(Nc)$ কন্টাক্ট ক্লোজ হয়ে রিভার্স ম্যাগনেটিক কন্টাক্টের কয়েলে কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে মোটর বামাবর্তে ঘুরবে। কোনো কারণে মোটরে অধিক কারেন্ট প্রবাহিত হলে ওভারলোড ট্রিপ করে মোটর অফ হয়ে যাবে। এভাবে একটি মোটরকে ফরোয়ার্ড ও রিভার্সে ঘুরানো যায়। পাশে ইন্ডাকশন মোটরের ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তনের সার্কিট [চিত্র: ১০.৮] অঙ্কন করে দেখানো হলো।

এখানে,

R, Y, B	= রেড, ইয়েলো, ব্লু ফেজ
M_1	= ফরোয়ার্ড ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর
M_2	= রিভার্স ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর
O.L(Nc)	= ওভার লোড নরম্যালী ক্লোজ কন্টাক্ট
S	= অফ সুইচ নরম্যালী ক্লোজ কন্টাক্ট
S_1	= প্রথম অন সুইচের ওপেন কন্টাক্ট
S_2	= দ্বিতীয় অন সুইচের ওপেন কন্টাক্ট
$M_1(Nc)$	= ফরোয়ার্ড ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ক্লোজ কন্টাক্ট
$M_2(Nc)$	= রিভার্স ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ক্লোজ কন্টাক্ট
$M_1(No)$	= ফরোয়ার্ড ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ওপেন কন্টাক্ট
$M_2(No)$	= রিভার্স ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ওপেন কন্টাক্ট
M_1	= ফরোয়ার্ড ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েল সংযোগ
M_2	= রিভার্স ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েল সংযোগ



অনুশীলনী-১০

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। মোটরের নেমপ্লেটের রেটিং কী?
- ২। মোটরের আউটপুটকে সাধারণত কোনো এককে প্রকাশ করা হয়?
- ৩। মোটরের বৈদ্যুতিক পাওয়ার ও যান্ত্রিক পাওয়ারের মধ্যে সম্পর্ক কি?
- ৪। মোটরের নেমপ্লেট কী?
- ৫। প্রাইমারি রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারে দিয়ে কোনো মোটর চালুকরণের ক্ষেত্রে প্রযোজ্য?
- ৬। স্লিপ রিং মোটর কোনো স্টার্টারের সাহায্যে চালু করা হয়?
- ৭। 1-φ মোটরের ফুললোড কারেন্টের সূত্রটি লেখ।
- ৮। 3-φ মোটরের ফুললোড কারেন্টের সূত্রটি লেখ।
- ৯। ওভার লোড রিলের টাইম সেটিংয়ের সূত্রটি লেখ।
- ১০। স্টার্টার কী?
- ১১। মোটরের ফিউজ রেটিং কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। মোটরের নেমপ্লেটের তথ্য উল্লেখ কর।
- ২। ওভার লোড রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা লেখ।
- ৩। আল্ডার ভোল্টেজ রিলে ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।
- ৪। D.O.L স্টার্টারের সাহায্যে 3-φ মোটর চালুর করার সার্কিট চিত্র অঙ্কন কর।
- ৫। মোটর চালুকরণের বিশেষ পদ্ধতি আলোচনা কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ডি.ও.এল স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।
- ২। অটো ট্রান্সফরমার স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ মোটর চালুকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।
- ৩। রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে স্লিপ রিং মোটর চালুকরণ পদ্ধতি বর্ণনা কর।

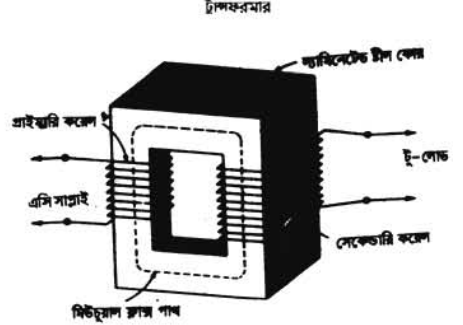
একাদশ অধ্যায় ট্রান্সফরমার

১১.১ ট্রান্সফরমার

ট্রান্সফরমার এমন একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র যার সাহায্যে পাওয়ার ও ফ্রিকুয়েন্সিকে অপরিবর্তিত রেখে কোনোরূপ বৈদ্যুতিক সংযোগ ছাড়াই ইলেকট্রিক্যাল পাওয়ারের ভোল্টেজ ও কারেন্টের মান প্রয়োজন অনুযায়ী কমিয়ে বা বাড়িয়ে এক কয়েল হতে অন্য কয়েলে স্থানান্তরিত করা যায়।

ট্রান্সফরমারের দুটি ওয়াইন্ডিং থাকে। যথা -

- (১) প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং এবং
- (২) সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং।



ট্রান্সফরমার প্রধানত তিন ধরনের কাজ করতে পারে। যথা -

- (১) সরবরাহ ভোল্টেজ কমায় অথবা বাড়ায়;
- (২) বৈদ্যুতিক পাওয়ার ঠিক রাখে;
- (৩) সরবরাহ ফ্রিকুয়েন্সি অপরিবর্তিত রাখে।

১১.২ ট্রান্সফরমারের প্রেণিবিভাগ

কোরের গঠন অনুসারে ট্রান্সফরমার তিন প্রকার। যথা -

- (১) কোর টাইপ ট্রান্সফরমার;
- (২) শেল টাইপ ট্রান্সফরমার এবং
- (৩) স্পাইরাল কোর টাইপ ট্রান্সফরমার।

কার্যপ্রণালি অনুসারে ট্রান্সফরমার দুই প্রকার। যথা -

- (১) স্টেপ-আপ ট্রান্সফরমার এবং
- (২) স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফরমার।

ব্যবহার বা প্রয়োগ অনুসারে ট্রান্সফরমার চার প্রকার। যথা -

- (১) পাওয়ার ট্রান্সফরমার;
- (২) ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমার;
- (৩) ইন্সট্রুমেন্ট ট্রান্সফরমার:-
 - (ক) কারেন্ট ট্রান্সফরমার;
 - (খ) পটেনশিয়াল বা ভোল্টেজ ট্রান্সফরমার
- (৪) অটো ট্রান্সফরমার।

শীতলীকরণ পদ্ধতি অনুসারে ট্রান্সফরমার ছয় প্রকার। যথা -

- (১) ন্যাচারাল কুলিং ট্রান্সফরমার;
- (২) উচ্চ চাপযুক্ত বাতাস দ্বারা কুলিং ট্রান্সফরমার;

- (৩) তৈলে নিমজ্জিত সেলফ কুলিং ট্রান্সফরমার;
- (৪) তৈলে নিমজ্জিত পানি দ্বারা কুলিং ট্রান্সফরমার;
- (৫) তৈলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত বাতাস দ্বারা ট্রান্সফরমার এবং
- (৬) তৈলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত তৈল দ্বারা ট্রান্সফরমার ।

স্থাপন প্রণালির উপর ভিত্তি করে ট্রান্সফরমার চার প্রকার । যথা -

- (১) ইনডোর টাইপ ট্রান্সফরমার;
- (২) আউটডোর টাইপ ট্রান্সফরমার;
- (৩) পোল মাউন্টেড ট্রান্সফরমার এবং
- (৪) আভারহ্যাউন্ড ট্রান্সফরমার ।

ফ্রিকুয়েন্সি অনুসারে ট্রান্সফরমার দুই প্রকার । যথা -

- (১) অডিও ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সফরমার এবং
- (২) রেডিও ফ্রিকুয়েন্সি ট্রান্সফরমার ।

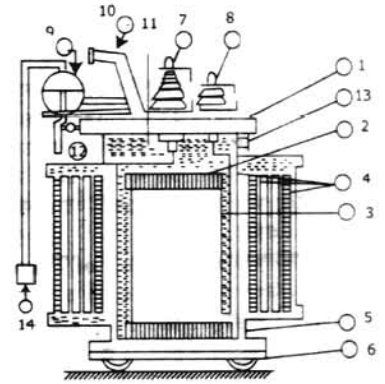
ফেজ সংখ্যার উপর ভিত্তি করে ট্রান্সফরমার দুই প্রকার । যথা -

- (১) সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার এবং
- (২) তিন ফেজ ট্রান্সফরমার ।

১১.৩ ট্রান্সফরমারের গঠন

একটি তৈল ভর্তি ট্রান্সফরমারের গঠন নিম্নে দেয়া হলো -

- (১) মেইন ট্যাংক;
- (২) কোর;
- (৩) ওয়াইন্ডিং;
- (৪) রেডিয়েটর;
- (৫) ড্রেইন কর্ক;
- (৬) রোলার্স;
- (৭) হাই-ভোল্টেজ ব্রশিং;
- (৮) লো-ভোল্টেজ ব্রশিং;
- (৯) কন্জারভেটর ট্যাংক;
- (১০) ভেন্ট পাইপ;
- (১১) ট্রান্সফরমার তেল;
- (১২) বুথোলজ রীলে;
- (১৩) থার্মোমিটার/টেম্পারেচার মিটার;
- (১৪) ব্রীদার;
- (১৫) আর্থিং টার্মিনাল;
- (১৬) ট্যাপ চেঞ্জার;
- (১৭) অয়েল লেভেল ইন্ডিকেটর;
- (১৮) নেমপ্লেট ।



উপরের চিত্রে ট্রান্সফরমারের বিভিন্ন অংশের বর্ণনা দেয়া হলো। যথা -

- (১) মেইন ট্যাংক: স্টীল প্লেট দ্বারা ট্রান্সফরমারের মেইন ট্যাংক তৈরি করা হয়। এর মধ্যে কোর, কয়েল ও অয়েল থাকে।
- (২) কোর: ওয়াইন্ডিংগুলোকে যে ইস্পাতের ফ্রেমের উপর জড়ানো থাকে ঐ ফ্রেমটিকে কোর বলে। উচ্চ গ্রেডের সিলিকন স্টীল দ্বারা ল্যামিনেশন করে ট্রান্সফরমার কোর তৈরি করা হয়। কোর ব্যবহারের ফলে, কোর লসের সৃষ্টি হয়। এর ফলে ইডি কারেন্ট ও হিসট্রিসিস লস হয়।
- (৩) ওয়াইন্ডিং: ট্রান্সফরমারে সাধারণত দুটি ওয়াইন্ডিং থাকে।
- (ক) প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং এবং
- (খ) সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং।

ওয়াইন্ডিংগুলো সাধারণত ইনসুলেশনযুক্ত সুপার এনামেল কপারওয়ার হয়ে থাকে। সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারে একটি প্রাইমারি ও একটি সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং থাকে। আর তিন ফেজ ট্রান্সফরমারে তিনটি প্রাইমারি ও তিনটি সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং থাকে।

- (৪) রেডিয়েটর: তাপমাত্রা বাড়লে তেল আয়তনে বাড়ে, তাপমাত্রা কমলে তেল আয়তনে কমে। ট্রান্সফরমার তেল ঠাণ্ডা করার জন্য রেডিয়েটর ব্যবহার করা হয়। ট্রান্সফরমারের গায়ে অনেকগুলো টিউব আটকানো থাকে। যার মধ্য দিয়ে তেল সহজে পরিভ্রমণ করতে পারে। টিউবগুলো বাতাসের সংস্পর্শে থাকে বলে তেল খুব সহজে ঠাণ্ডা হয়ে যায়।

- (৫) ড্রেইন কর্ক: ট্রান্সফরমারের তৈলকে রিফাইন অথবা টেস্ট করার জন্য ড্রেইন কর্ক ব্যবহার করা হয়।

- (৬) রোলার্স: ট্রান্সফরমারকে এক স্থান থেকে অন্য স্থানে নিয়ে যাবার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।

- (৭-৮) হাই/লো-ভোল্টেজ বুশিং: এটি চিনামাটির তৈরি ছিদ্রযুক্ত ইন্সুলেটর বিশেষ যা ট্রান্সফরমার ট্যাংকের মাথায় বসানো থাকে। ওয়াইন্ডিংয়ের টার্মিনালসমূহ বুশিংয়ের মাধ্যমে বাইরে আনা হয়। এক্ষেত্রে হাই-ভোল্টেজ ও লো-ভোল্টেজ টার্মিনালে ওটি করে বুশিং ব্যবহার করা হয়।

- (৯) কঙ্জারভেটর ট্যাংক: মেইন ট্যাংকের উপরিভাগে একটি গোলাকৃতি ড্রাম বসানো থাকে। ড্রামটিকে কঙ্জারভেটর ট্যাংক বলে। এটি একটি পাইপের মাধ্যমে ট্যাংকের সাথে যুক্ত থাকে। তাপমাত্রা বাড়লে, তেল গরম হয়ে আয়তনে বাড়ে আর তাপমাত্রা কমলে তেল ঠাণ্ডা হয়ে আয়তনে কমে। তেলের আয়তন বাড়ার সময় তেলের অতিরিক্ত স্থান সঙ্কুলানের জন্য কঙ্জারভেটর ট্যাংক ব্যবহার করা হয়।

- (১০) ভেন্ট পাইপ: ট্রান্সফরমারের উপর দিকে ভেন্ট পাইপ লাগানো থাকে। অবশ্য অন্য স্থানেও এর অবস্থান হতে পারে। এ পাইপের মুখ কাচ দিয়ে বন্ধ করা থাকে। ট্রান্সফরমারের মধ্যে যদি শর্ট সার্কিট হয়, তখন তৈল বের করার জন্য দুর্বল পথ হিসেবে ভেন্ট পাইপ ব্যবহার করা হয়।

- (১১) ট্রান্সফরমার তেল: ট্রান্সফরমার ওয়াইন্ডিং ও কোরকে ঠাণ্ডা করার জন্য যে অয়েল ব্যবহার করা হয়, তাকে ট্রান্সফরমার অয়েল বা তেল বলে। এ তেলের বাণিজ্যিক নাম পাইরানল, সিলিকন, অ্যাসকারেলস ইত্যাদি। তেলের কাজ দুটি। যথা-

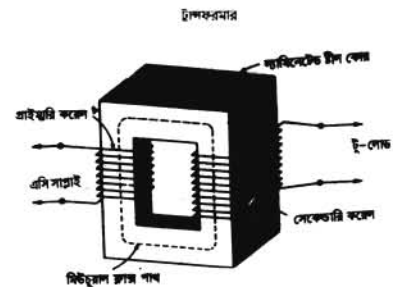
- (ক) এটি ওয়াইন্ডিং ও কোরকে ঠাণ্ডা রাখে।
- (খ) ওয়াইন্ডিংয়ের ইন্সুলেশন হিসেবে কাজ করে।

- (১২) বুখোলজ রিলে: এটি একটি নিয়ন্ত্রণকারী ডিভাইস। যে ট্রান্সফরমার ওয়াইভিংয়ে তেল দ্বারা পূর্ণ থাকে, সে ট্রান্সফরমারে বুখোলজ রিলে ব্যবহার করা হয়। এটি মেইন ট্যাংক ও কন্ডাক্টরের ট্যাংকের মাঝে পাইপের মাধ্যমে বসানো থাকে। ট্রান্সফরমারের ভিতরে যদি শর্ট সার্কিট হয়, তবে তেলের মধ্যে গ্যাস উদ্ভূত হয় বা তেল গরম হয়ে বের হয়। এ সময় বুখোলজ রিলে সতর্ক ঘণ্টা বেজে থাকে।
- (১৩) থার্মোমিটার / টেম্পারেচার মিটার: ট্রান্সফরমারে তেলের তাপমাত্রা মাপার জন্য যে মিটার ব্যবহার করা হয়, তাকে থার্মোমিটার / টেম্পারেচার মিটার বলে। তাপমাত্রা বিপদসীমা অতিক্রম করলে এলার্ম বেজে ওঠে। এ তাপমাত্রা 150°C এর বেশি অতিক্রম করা উচিত নয়।
- (১৪) ত্রীদার: ট্রান্সফরমারে গুরু বাতাস প্রবেশের জন্য যে প্রকোষ্ঠ / পাত্র ব্যবহার করা হয়, তাকে ত্রীদার বলে। বাতাসের সাথে জলীয় বাষ্প, ময়লা, আবর্জনা বা অন্যান্য পদার্থ যাতে কন্ডাক্টরের ট্যাংকে প্রবেশ করতে না পারে, তার জন্য ত্রীদার ব্যবহার করা হয়।
- (১৫) আর্থিং টার্মিনাল: ট্রান্সফরমারের বডি আর্থ করার জন্য দুটি আর্থ টার্মিনাল থাকে। এ দুটি টার্মিনালকে আর্থের সাথে উত্তমরূপে সংযোগ করে দিতে হয়। এভাবে বডি আর্থিংয়ের মাধ্যমে নিরাপত্তা বিধান করা হয়।
- (১৬) ট্যাপ চেঞ্জার: গ্রাহকের বিভিন্ন লোডের কারণে ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রণ করা হয়। ট্রান্সফরমারের টার্নের অনুপাত সুইচের মাধ্যমে সামান্য পরিবর্তন করে সেকেন্ডারি ভোল্টেজ পরিবর্তন করা যায়, তাকে ট্যাপ চেঞ্জার বলে। ট্যাপ চেঞ্জার দুই প্রকার। যথা -
- (ক) অফ লোড ট্যাপ চেঞ্জার এবং
- (খ) অন লোড ট্যাপ চেঞ্জার।
- যখন লোড অফ অবস্থায় থাকে তখন হাতের সাহায্যে অফ লোড ট্যাপ চেঞ্জার পরিবর্তন করে ভোল্টেজ নিয়ন্ত্রণ করা যায়। আর ট্রান্সফরমার লোডযুক্ত অবস্থায় লোড টেপ চেঞ্জার দ্বারা ম্যানুয়েল অথবা স্বয়ংক্রিয়ভাবে পরিচালনা করে ভোল্টেজ পরিবর্তন করা যায়।
- (১৭) অয়েল লেভেল ইন্ডিকেটর: এটি কন্ডাক্টরের ট্যাংকের সাথে স্থাপন করা হয়। এর সাহায্যে তেলের লেভেল পরীক্ষা করা যায়।

- (১৮) নেমপ্লেট: যে প্লেটে ট্রান্সফরমারের বিভিন্ন তথ্য লেখা থাকে, তাকে ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট বলে। ট্রান্সফরমারের বিভিন্ন তথ্য জানার জন্য ট্রান্সফরমারের গায়ে নেমপ্লেট ও ডায়াগ্রাম দেয়া হয়।

১১.৪ ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কয়েলে ভোল্টেজ উৎপাদন

ট্রান্সফরমার একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র, যার মধ্যে দুটি কয়েল থাকে। একটি প্রাইমারি কয়েল এবং অপরটি সেকেন্ডারি কয়েল। যে কয়েলে পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়, তাকে প্রাইমারি কয়েল বলে। আর যে কয়েলে পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স দ্বারা ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়, তাকে সেকেন্ডারি কয়েল বলে। পাশে গঠন চিত্র: ১১.৩ অঙ্কন করে দেখানো হলো।



এ অবস্থায় প্রাইমারি কয়েলে এসি সরবরাহ দিলে এর মধ্যে দিয়ে এসি কারেন্ট প্রবাহিত হয়। যার ফলে এর কোরের মধ্যে পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স উৎপন্ন হয়। এ পরিবর্তনশীল ফ্লাক্স সেকেন্ডারি কয়েলকে কর্তন করে। ফলে ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতি অনুসারে ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কয়েলে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়। এ উৎপন্ন ভোল্টেজকে ট্রান্সফরমার ভোল্টেজ বলে। যে প্রক্রিয়ায় এ ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়, তাকে ট্রান্সফরমার অ্যাকশন বা ক্রিয়া বলে। এভাবে ট্রান্সফরমার কাজ করে থাকে।

১১.৫ স্টেপ আপ ও স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার

স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার: যে ট্রান্সফরমার লো-ভোল্টেজ গ্রহণ করে হাই ভোল্টেজ সরবরাহ দেয়া হয়, তাকে স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার বলে। ট্রান্সমিশন লাইনের শুরুতে এই জাতীয় ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়। এই ট্রান্সফরমারের প্রাইমারির চেয়ে সেকেন্ডারিতে প্যাঁচ সংখ্যা বেশি থাকে।

স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার: যে ট্রান্সফরমারে হাই-ভোল্টেজ গ্রহণ করে লো-ভোল্টেজ সরবরাহ দেয়া হয়, তাকে স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার বলে। এই জাতীয় ট্রান্সফরমার সাধারণত ট্রান্সমিশন লাইনের শেষ প্রান্তে এবং বিভিন্ন যন্ত্রপাতিতে ব্যবহার করা হয়। এ ধরনের ট্রান্সফরমারে সেকেন্ডারির চেয়ে প্রাইমারিতে প্যাঁচ সংখ্যা বেশি থাকে।

১১.৬ প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা ও ভোল্টেজের সম্পর্ক নির্ণয়

ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা এবং

ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্ক নিম্নে আলোচনা করা হলো -

ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতিতে উৎপন্ন ভোল্টেজ,

$$E_{ave} = N \times \frac{\phi_m}{t} \text{ ভোল্ট} \dots\dots\dots (i)$$

এখানে,

E_{ave} = গড় উৎপন্ন ভোল্টেজ, ভোল্টে

N = কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা

ϕ_m = সর্বোচ্চ পরিবর্তিত ফ্লাক্স, ওয়েভারে

t = ফ্লাক্স পরিবর্তনের সময়, সেকেন্ডে।

উপরের [চিত্র: ১১.৪]-এ দেখা যায়, এক সাইকেলকে চার ভাগে বিভক্ত করলে প্রতি অংশের ফ্লাক্সের পরিবর্তন একই হয়। তাই যে কোনো এক কোয়ার্টার সাইকেল বিবেচনা করলে ফ্লাক্স পরিবর্তন সময় পাওয়া যায় $\frac{1}{4f}$ সেকেন্ড।

উৎপন্ন ভোল্টেজের ফ্রিকুয়েন্সি f হলে, সময় $t = \frac{1}{4f} \text{ Sec}$.

(র) নং সমীকরণে t এর মান বসাই।

$$E_{ave} = N \times \frac{\phi_m}{\frac{1}{4f}}$$

$$= 4Nf\phi_m = \text{ভোল্ট} \dots\dots\dots (ii)$$

আমরা জানি,

$\therefore$ কার্যকরী ভোল্টেজ, $E_{eff} = 1.11E_{ave}$ ভোল্ট

E_{ave} মান (ii) নং সমীকরণে বসাই।

$$E_{eff} = 1.11 \times 4Nf\phi_m \text{ ভোল্ট} = 4.44Nf\phi_m \text{ ভোল্ট} \dots\dots\dots (iii)$$

প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলে প্যাঁচের সংখ্যা যথাক্রমে N_p ও N_s হলে, প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারি কয়েলে

উৎপাদিত ভোল্টেজ যথাক্রমে E_p ও E_s হয়, তবে

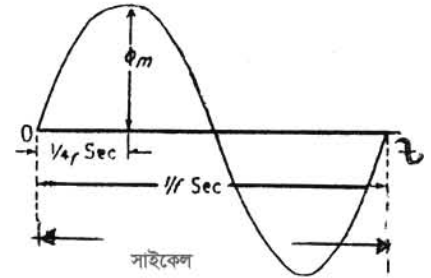
$$E_p = 4.44N_p f \phi_m \dots\dots\dots (iv)$$

$$E_s = 4.44N_s f \phi_m \dots\dots\dots (v)$$

(iv) নং সমীকরণকে (v) নং সমীকরণ দ্বারা ভাগ করে

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{4.44N_p f \phi_m}{4.44N_s f \phi_m} \therefore \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} \dots\dots\dots (vi)$$

উপরের সম্পর্কের সমীকরণটি প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচের সংখ্যা ও ভোল্টেজের মধ্যে সম্পর্কযুক্ত।



১১.৭ প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজ ও কারেন্টের সম্পর্ক নির্ণয়

ট্রান্সফরমারে কোনো মুভিং বা ঘুরন্ত অংশ নাই বলে এর দক্ষতা অত্যন্ত বেশি। শুধুমাত্র কোরে হিসটেরিসিস লস এবং কয়েলে কপার লস ছাড়া আর কোনো লস নাই। তাই, এই লসকে নগণ্য করা হলে এর ইনপুট পাওয়ার ও আউটপুট পাওয়ার সমান হয় তবে গাণিতিকভাবে লেখা যায়, $E_P I_P = E_S I_S$

বা, $\frac{E_P I_P}{E_S I_P} = \frac{E_S I_S}{E_S I_P}$ [উভয় ক্ষেত্রে $E_S I_P$ দ্বারা ভাগ করি।]

$$\text{বা, } \frac{E_P}{E_S} = \frac{I_S}{I_P} \dots\dots\dots (i)$$

উপরের (i) নং সমীকরণটি প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলে ভোল্টেজ ও কারেন্টের মধ্যে সম্পর্কযুক্ত।

১১.৮ ট্রান্সফরমেশন রেশিও

ট্রান্সফরমারের উভয় কয়েলে আবিষ্ট ভোল্টেজ, কারেন্ট ও কয়েলের প্যাচের সংখ্যার সাথে একটি নির্দিষ্ট অনুপাত মেনে চলে, তাকে ট্রান্সফরমেশন রেশিও বলে। এটিকে K বা a দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

আমরা জানি,

$$E_P = 4.44 N_P \phi_m f \dots\dots\dots (i)$$

$$E_S = 4.44 N_S \phi_m f \dots\dots\dots (ii)$$

(i) নং সমীকরণ হতে (ii) নং সমীকরণ ভাগ করি।

$$\frac{E_P = 4.44 N_P \phi_m f}{E_S = 4.44 N_S \phi_m f}$$

$$\text{বা, } \frac{E_P}{E_S} = \frac{N_P}{N_S} \dots\dots\dots (iii)$$

আবার আমরা জানি,

ট্রান্সফরমারের উভয় দিকের পাওয়ার সমান।

$$E_P I_P = E_S I_S$$

$$\text{বা, } \frac{E_P}{E_S} = \frac{I_S}{I_P} \dots\dots\dots (iv)$$

(iii) নং সমীকরণ ও (iv) নং সমীকরণ একত্রিত করে পাই,

$$\therefore \frac{E_P}{E_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

এখন ট্রান্সফরমেশন রেশিওকে যদি K বা a দ্বারা প্রকাশ করা হয় তবে আমরা গাণিতিকভাবে লিখতে পারি, K বা a

$$= \frac{E_P}{E_S} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{I_S}{I_P}$$

১১.৯ ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট রেটিং বিবৃতিকরণ

ট্রান্সফরমারের রেটিং বলতে তার পাওয়ার পরিবহনের ক্ষমতাকে বুঝায়। একটি ট্রান্সফরমারের পাওয়ার পরিবহনের ক্ষমতা যে প্লেটে লেখা থাকে, তাকে ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট রেটিং বলে। ট্রান্সফরমারের নেমপ্লেট রেটিংকে সাধারণত ভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (VA) অথবা কিলোভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (KVA) অথবা মেগাভোল্ট অ্যাম্পিয়ার (MVA) হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

১১.১০ ট্রান্সফরমেশন কুলিং পদ্ধতি

ট্রান্সফরমার কুলিংয়ের জন্য ব্যবহৃত পদ্ধতিগুলোর নাম –

(১) ন্যাচারাল কুলিং ট্রান্সফরমার;

(২) উচ্চ চাপযুক্ত বাতাস দ্বারা কুলিং ট্রান্সফরমার;

- (৩) তেলে নিমজ্জিত সেলফ কুলিং ট্রান্সফরমার;
 (৪) তেলে নিমজ্জিত পানি দ্বারা কুলিং ট্রান্সফরমার;
 (৫) তেলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত বাতাস দ্বারা ট্রান্সফরমার এবং
 (৬) তেলে নিমজ্জিত চাপযুক্ত তেল দ্বারা ট্রান্সফরমার।

১১.১১ সমস্যাবলির সমাধান

সমস্যা-১: 10KVA, 11KV/0.4KV, 50 সাইকেল/সেকেন্ড সিঙ্গেল ফেজ একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি কয়েলে 5400 প্যাঁচ আছে। এর সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা কত? প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কারেন্ট কত?

সমাধান: আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\text{বা, } N_s = \frac{N_p \times E_s}{E_p}$$

$$= \frac{5400 \times 400}{11000}$$

$$= 196$$

$$I_p = \frac{KVA \times 1000}{E_p}$$

$$= \frac{10 \times 1000}{11000}$$

$$= 0.909A$$

$$I_s = \frac{KVA \times 1000}{E_s}$$

$$= \frac{10 \times 1000}{400}$$

$$= 25Amp.$$

দেয়া আছে,

$$E_p = 11KV = 11000V$$

$$N_p = 5400$$

$$E_s = 0.4KV = 400V$$

$$N_s = ?$$

$$I_p = ?$$

$$I_s = ?$$

সমস্যা-২: একটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ভোল্টেজ 2300V এবং প্যাঁচ সংখ্যা 5000। সেকেন্ডারি কয়েলের ভোল্টেজ 230V হলে, সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচ সংখ্যা কত হবে তা বের কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

$$\text{বা, } N_s = \frac{N_p \times E_s}{E_p}$$

$$= \frac{5000 \times 230}{2300}$$

$$= 500 \text{ টি (উত্তর)}$$

দেয়া আছে,

$$E_p = 2300V$$

$$N_p = 5000$$

$$E_s = 230V$$

$$N_s = ?$$

সমস্যা-৩: 2400/240V, 25Hz সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের ভোল্ট/টার্ন 8 হলে, প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েলের প্যাঁচের সংখ্যা কত?

সমাধান: ১ম শর্তানুসারে,

$$\frac{E_p}{N_p} = 8$$

$$\text{বা, } \frac{2400}{N_p} = 8$$

$$\text{বা, } N_p = \frac{2400}{8} = 300 \text{ টি (উত্তর)}$$

দেয়া আছে,

$$f = 25Hz$$

$$E_p = 2400V$$

$$E_s = 240V$$

২য় শর্তানুসারে,

$$\frac{E_s}{N_s} = 8$$

$$\text{বা, } \frac{2400}{N_s} = 8$$

$$\text{বা, } N_s = \frac{2400}{8} = 300 \text{ টি (উত্তর)}$$

$$V/\text{turn} = 8$$

$$N_p = ?$$

$$N_s = ?$$

সমস্যা-৪: একটি 230V/115V ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কারেন্ট 46Amp হলে, প্রাইমারি কারেন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

$$\frac{E_p}{E_s} = \frac{I_s}{I_p}$$

$$\text{বা, } I_p = \frac{I_s \times E_s}{E_p}$$

$$= \frac{46 \times 115}{2300}$$

$$= 2.3 \text{ Amp. (উত্তর)}$$

দেয়া আছে,

$$E_p = 2300 \text{ V}$$

$$E_s = 115 \text{ V}$$

$$I_s = 46 \text{ Amp.}$$

$$I_p = ?$$

সমস্যা-৫: একটি সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারিতে যথাক্রমে 250 ও 50 টার্ন আছে। যদি প্রাইমারিতে 20 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তবে সেকেন্ডারি কারেন্ট নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে, $N_p = 250$

$$\text{বা, } I_s = \frac{N_p \times I_p}{N_s}$$

$$= \frac{250 \times 20}{50}$$

$$= 100 \text{ Amp. (উত্তর)} \quad I_s = ?$$

$$N_s = 50$$

$$I_p = 20 \text{ A}$$

সমস্যা-৬: 16 : 4 ট্রান্সফরমেশন রেশিও বিশিষ্ট একটি সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ভোল্টেজ 200V হলে, সেকেন্ডারি ভোল্টেজ কত?

সমাধান: আমরা জানি,

$$a = \frac{V_p}{V_s}$$

$$\text{বা, } V_s = \frac{V_p}{a}$$

$$= \frac{200}{4}$$

$$= 50 \text{ V (উত্তর)}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$a = \frac{16}{4} = 4$$

$$V_p = 200 \text{ V}$$

$$V_s = ?$$

সমস্যা-৭: 500 / 200V, 5KVA ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারিতে 80 টার্ন থাকলে, প্রাইমারিতে টার্ন সংখ্যা কত?

সমাধান: আমরা জানি,

$$I_p = \frac{KVA \times 1000}{V_p}$$

$$\text{বা, } I_p = \frac{5 \times 1000}{V_p}$$

$$= \frac{5000}{500}$$

$$= 10 \text{ Amp}$$

$$I_s = \frac{KVA \times 1000}{V_s}$$

$$\text{বা, } I_s = \frac{5 \times 1000}{V_s} = \frac{5000}{200}$$

$$= 25 \text{ Amp (উত্তর)}$$

এখানে দেয়া আছে,

$$V_p = 500 \text{ V}$$

$$V_s = 200 \text{ V}$$

$$KVA = 5$$

$$N_s = 80$$

$$N_p = ?$$

$$\begin{aligned}
 N_p &= \frac{I_s \times N_s}{I_p} \\
 &= \frac{25 \times 80}{10} \\
 &= 200 \text{ টার্নস।}
 \end{aligned}$$

অথবা

$$\begin{aligned}
 N_p &= \frac{V_p \times N_s}{V_s} \\
 &= \frac{500 \times 80}{200} \\
 &= 200 \text{ (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

সমস্যা-৮: একটি 1-φ, 50Hz., 2200 / 220V স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমারের কোরের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 36 বর্গ সে.মি. ও সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি 6 ওয়েবার/বর্গমিটার হলে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি টার্ন সংখ্যা নির্ণয় কর।

সমাধান: আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$\begin{aligned}
 \text{মিউচুয়াল ফ্লা} \quad \phi_m &= B_m \times A \\
 &= 6 \times 36 \times 10^{-4} \\
 &= 0.0216 \text{wb}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 E_p &= 2200 \text{V} \\
 E_s &= 220 \text{V} \\
 f &= 50 \text{Hz.}
 \end{aligned}$$

প্রাইমারি টার্ন সংখ্যা,

$$\begin{aligned}
 N_p &= \frac{E_p}{4.44 f \phi_m} \\
 &= \frac{2200}{4.44 \times 50 \times 0.0216} \\
 &= 458.79 \text{ turns}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A &= 36 \text{cm}^2 \\
 &= 36 \times 10^{-4} \text{m}^2 \\
 B_m &= 6 \text{wb/m}^2 \\
 N_p &= ? \\
 N_s &= ?
 \end{aligned}$$

সেকেন্ডারি টার্ন সংখ্যা,

$$\begin{aligned}
 N_s &= \frac{E_s}{4.44 f \phi_m} \\
 &= \frac{220}{4.44 \times 50 \times 0.0216} \\
 &= 45.87 \text{ টার্নস (উত্তর)}
 \end{aligned}$$

১১.১২ ট্রান্সফরমারের লসসমূহ

একটি ট্রান্সফরমার যে পরিমাণ বৈদ্যুতিক শক্তি গ্রহণ করে তা সবটুকু লোডে সাপ্লাই দিতে পারে না। এর কিছু শক্তি কোর ও কয়েলে ব্যয় হয় যা উত্তাপ সৃষ্টি করে। এই ব্যয়িত শক্তিকে ট্রান্সফরমারের লস বলা হয়।

ট্রান্সফরমারের লসগুলো হলো -

- (ক) কোর লস এবং
- (খ) কপার লস।

কোর লস আবার দুই প্রকার। যথা -

- (ক) হিসটেরিসিস লস এবং
- (খ) এডি কারেন্ট লস।

১১.১৩ ট্রান্সফরমারের ইফিসিয়েন্সি

যে কোনো মেশিনের ক্ষেত্রে ইনপুট হিসেবে যে শক্তি বের হতে দেয়া হয় আউটপুট হিসেবে সে শক্তি পাওয়া যায় না। ইনপুটের তুলনায় আউটপুট শক্তি যত কম পাওয়া যায়, তা হবে পাওয়ার লস। ট্রান্সফরমারের আউটপুট ও ইনপুটের অনুপাতকে ট্রান্সফরমারের ইফিসিয়েন্সি বা কর্মদক্ষতা বলে। একে গ্রীক অক্ষর η (ইটা) দ্বারা প্রকাশ করা হয়।

একে ১০০ দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা হয়।

$$\begin{aligned}\eta &= \frac{\text{আউটপুট}}{\text{ইনপুট}} \\ \% \eta &= \frac{\text{আউটপুট}}{\text{ইনপুট}} \times 100 \\ &= \frac{\text{আউটপুট}}{\text{আউটপুট} + \text{লসসমূহ}} \times 100 \\ &= \frac{\text{আউটপুট}}{\text{আউটপুট} + \text{কোরলস} + \text{কপারলস}} \times 100\end{aligned}$$

১১.১৪ ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেগুলেশন

যে কোনো ট্রান্সফরমারের লোড বৃদ্ধির সাথে সাথে এর কয়েলের রেজিস্ট্যান্স এবং ইন্ডাক্ট্যান্সের জন্য ভোল্টেজ ড্রপ বৃদ্ধি পায়। ফলে টার্মিনাল ভোল্টেজের মান কমতে পারে। কোনো ট্রান্সফরমারের নো-লোড ভোল্টেজ এবং ফুল-লোড ভোল্টেজের পার্থক্যকে ফুল-লোড টার্মিনাল ভোল্টেজ দিয়ে ভাগ করলে যে মান পাওয়া যায়, তাকে ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেগুলেশন বলে। একে V.R দ্বারা প্রকাশ করা হয়। একে ১০০ দ্বারা গুণ করে শতকরা হিসেবে প্রকাশ করা যায়।

$$\therefore \%V.Reg = \frac{V_{NL} - V_{FL}}{V_{FL}} \times 100$$

এখানে,

$\%V.Reg$ = শতকরা ভোল্টেজ রেগুলেশন;

V_{NL} = নো-লোড ভোল্টেজ;

V_{FL} = ফুল-লোড ভোল্টেজ।

ভোল্টেজ রেগুলেশনের মান যত কম হয়, ততাই ভালো। ভোল্টেজ রেগুলেশন অবশ্যই লোডের ধরনের উপর নির্ভর করে। ক্যাপাসিটিভ লোডের ক্ষেত্রে নো-লোড টার্মিনাল ভোল্টেজের তুলনায় ফুল-লোড টার্মিনাল ভোল্টেজ বেশি হয়। বিধায়, ভোল্টেজ রেগুলেশনের মান নেগেটিভ হয়।

অনুশীলনী-১১

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ট্রান্সফরমার কী?
- ২। ট্রান্সফরমার কে আবিষ্কার করেন?
- ৩। ট্রান্সফরমার অয়েল হিসেবে কী কী উপাদান ব্যবহৃত হয়?
- ৪। স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফরমারের ওয়াইন্ডিংয়ের প্যাচের সংখ্যা কোনো সাইডে বেশি থাকে?
- ৫। স্টেপ-আপ ট্রান্সফরমারের ওয়াইন্ডিংয়ের প্যাচের সংখ্যা কোনো সাইডে কম থাকে?

- ৬। স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফরমারের কারেন্ট কোনো সাইডে কম হয়?
- ৭। ট্রান্সফরমারের হাই সাইডের তুলনায় লো সাইডে কী বেশি থাকে?
- ৮। ট্রান্সফরমারের অ্যাম্পিয়ার টার্ণ কী?
- ৯। ট্রান্সফরমার কোরের উপর পাতলা পাতলা ল্যামিনেটেড সীট ব্যবহার করা হয় কেন?
- ১০। ট্রান্সফরমারের কোর কীসের তৈরি এবং কেন?
- ১১। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ওয়াইন্ডিং / কয়েল কী?
- ১২। ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি ওয়াইন্ডিং / কয়েল কী?
- ১৩। ট্রান্সফরমারে সিলিকা জেল ব্যবহার করা হয় কেন?
- ১৪। ট্রান্সফরমার কোর ল্যামিনেটেড করা হয় কেন?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ট্রান্সফরমার কোর কী? ট্রান্সফরমার কোর কীসের তৈরি?
- ২। ট্রান্সফরমার কোর ল্যামিনেটেড করা হয় কেন?
- ৩। ট্রান্সফরমারের মিউচুয়াল ফ্লাক্স কী? এর কাজ কী?
- ৪। কনজারভেটর ট্যাংক কী? এটির কাজ কী?
- ৫। ব্রীদার কী? ব্রীদার কেন ব্যবহার করা হয়?
- ৬। ট্রান্সফরমার অয়েল কী? অয়েল হিসেবে কী কী উপাদান ব্যবহার করা হয়?
- ৭। ট্রান্সফরমার অয়েলের কাজ কী?
- ৮। বুশিং কী? এর কাজ কী?

সমস্যাগুলি

- ১। একটি সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি এবং সেকেন্ডারিতে যথাক্রমে 500 ও 250 টার্ন আছে। যদি প্রাইমারিতে 10 অ্যাম্পিয়ার কারেন্ট গ্রহণ করে, তবে সেকেন্ডারি কারেন্ট নির্ণয় কর।
উত্তর: সেকেন্ডারি কারেন্ট 20Amp.
- ২। 16 : 8 ট্রান্সফরমেশন রেশিওবিশিষ্ট একটি সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ভোল্টেজ 250V হলে সেকেন্ডারি ভোল্টেজ নির্ণয় কর।
উত্তর: সেকেন্ডারি ভোল্টেজ 125V
- ৩। 500/250V, 5KVA একটি সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারিতে 100 টার্ন থাকলে, প্রাইমারি টার্ন সংখ্যা নির্ণয় কর।
উত্তর: প্রাইমারি টার্ন সংখ্যা 200টি
- ৪। একটি 1-φ, 60Hz. ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি টার্ন সংখ্যা যথাক্রমে 1320 ও 46টি আছে। যদি কোরের মধ্যে সর্বোচ্চ মিউচুয়াল ফ্লাক্স 0.0375 ওয়েবার হয়, তবে নির্ণয় কর -
(ক) প্রাইমারি ভোল্টেজ এবং
(খ) সেকেন্ডারি ভোল্টেজ।
উত্তর: $E_p = 13221.96V$, $E_s = 460.76V$

৫। 10KVA, 11/0.4KV, 50Hz., 1-φ ট্রান্সফরমারের প্রথমায় 5400 প্যাঁচ আছে, তাহলে নির্ণয় কর -

(ক) মিউচুয়াল ফ্লাক্স এবং

(খ) দ্বিতীয়ার প্যাঁচ সংখ্যা।

উত্তর: $\phi_m = 0.18 \times 10^{-3} \text{wb}$, $N_s = 196 \text{turns}$

৬। একটি 500KVA, 11KV/240V, 50Hz. ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি টার্ন সংখ্যা 5000 আছে। কোরের প্রস্থচ্ছেদের ক্ষেত্রফল 80 বর্গসে.মি. হলে সর্বোচ্চ ফ্লাক্স ডেনসিটি নির্ণয় কর।

উত্তর: $B_m = 1.238 \text{wb/m}^2$

রচনামূলক প্রশ্ন

১। ট্রান্সফরমারের শ্রেণীবিভাগ উল্লেখ কর।

২। ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কয়েলে ভোল্টেজ উৎপন্ন হওয়ার কারণ ব্যাখ্যা কর।

৩। ট্রান্সফরমারের রেশিও হতে প্রমাণ কর যে, $a = \frac{E_p}{E_s} = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p}$

৪। ট্রান্সফরমারের ইফিসিয়েন্সি বলতে কী বোঝায়?

৫। ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ রেগুলেশন বলতে কী বোঝায়?

দ্বাদশ অধ্যায় ইন্সট্রুমেন্ট ট্রান্সফরমার

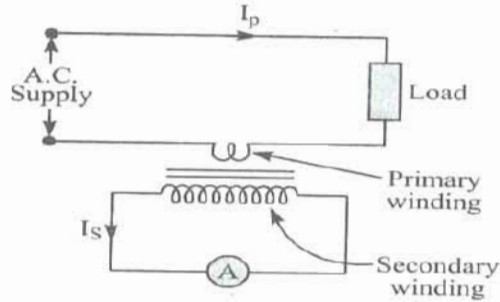
১২.১ কারেন্ট ট্রান্সফরমার

শুধুমাত্র কারেন্ট পরিমাপের জন্য ইন্সট্রুমেন্টের সাথে যে ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়, তাকে কারেন্ট ট্রান্সফরমার বা সিটি বলে।

কারেন্ট ট্রান্সফরমার ল্যামিনেটেড কোর দ্বারা তৈরি। কোরগুলো সিলিকন স্টীলের হয়ে থাকে। এর মধ্যে দুটি কয়েল থাকে। একটি প্রাইমারি কয়েল এবং অপরটি সেকেন্ডারি কয়েল। প্রাইমারি কয়েল খুব মোটা তার দিয়ে তৈরি করা হয় এবং কমসংখ্যক প্যাঁচ থাকে। এটি লাইনের সাথে সিরিজে সংযোগ থাকে। কিন্তু সেকেন্ডারি কয়েল সরু হয় এবং বহুসংখ্যক প্যাঁচ থাকে। সেকেন্ডারি কয়েলের সাথে সিরিজে লো-রেঞ্জের অ্যামিটার সংযোগ হয় এবং সংযোগ প্রান্তের অপর প্রান্তটি আর্থিং করতে হয়। অ্যামিটারের রেঞ্জ 0 - 1A বা 0 - 5A পর্যন্ত হয়।

১২.২ কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সাথে অ্যামিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন

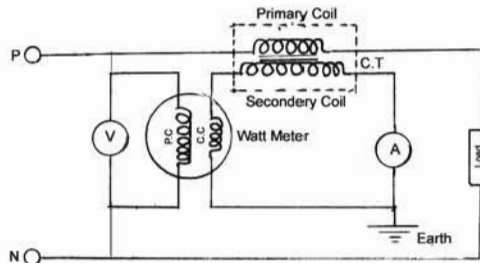
কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সাথে অ্যামিটারের সংযোগ [চিত্র: ১২.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১২.১

১২.৩ কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সাথে ওয়াটমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন

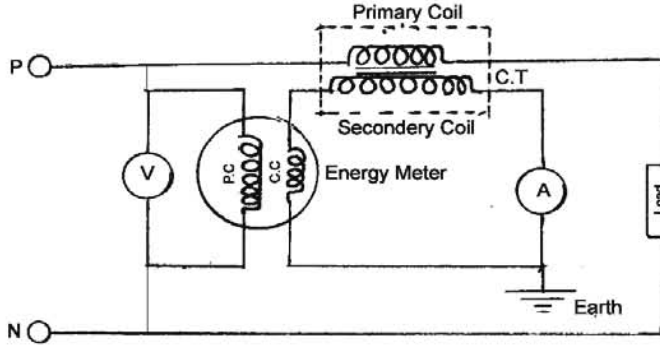
কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সাথে ওয়াটমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১২.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১২.২

১২.৪ কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সাথে এনার্জিমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন

কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সাথে এনার্জিমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১২.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১২.৩

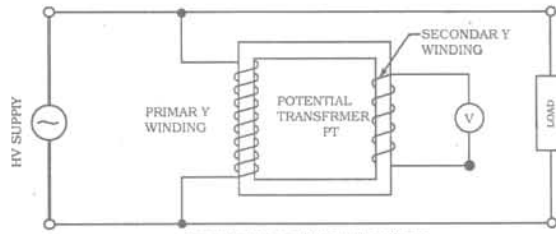
১২.৫ পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমার

শুধুমাত্র ভোল্টেজ পরিমাপের জন্য ইন্সট্রুমেন্টের সাথে যে ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়, তাকে পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমার বলে। এটি সঠিক অনুপাতবিশিষ্ট এক ধরনের স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার।

পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারে দুটি কয়েল থাকে। একটি প্রাইমারি কয়েল এবং অপরটি সেকেন্ডারি কয়েল। প্রাইমারি প্যাচের সংখ্যা সেকেন্ডারি প্যাচের সংখ্যা থেকে বেশি হয়। সেকেন্ডারি কয়েলের সাথে প্যারাললে একটি ভোল্টমিটার সংযোগ করে এটির অপর প্রান্তে আর্থ করতে হয়। এর সেকেন্ডারি ভোল্টেজ 110v হতে 150v হয়ে থাকে।

১২.৬ পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে ভোল্টমিটারের সংযোগ করার চিত্র অঙ্কন

পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে ভোল্টমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১২.৮] অঙ্কন করে দেখানো হলো -

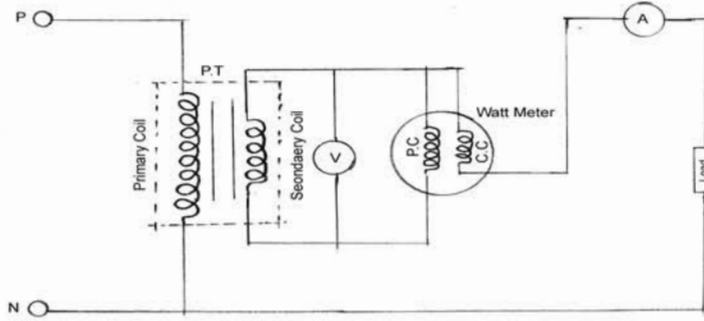


Connection Diagram of Potential Transformer

পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সংযোগ

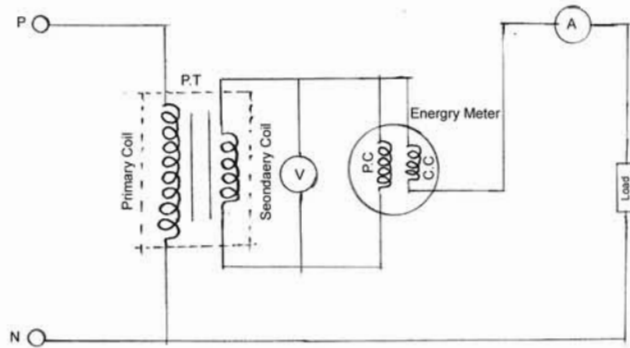
চিত্র: ১২.৮

১২.৭ পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে ওয়াটমিটারের সংযুক্ত করার চিত্র অঙ্কন
পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে ওয়াটমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১২.৫] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১২.৫

১২.৮ পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে এনার্জিমিটারের সংযুক্ত করার চিত্র অঙ্কন
পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে এনার্জিমিটারের সংযোগ [চিত্র: ১২.৬] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১২.৬

অনুশীলনী-১২

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কারেন্ট ট্রান্সফরমার কী ধরনের ট্রান্সফরমার?
- ২। কারেন্ট ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি কারেন্ট সাধারণত কত ধরে ডিজাইন করা হয়?
- ৩। কারেন্ট ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি কয়েলের প্যাচের সংখ্যা সেকেন্ডারি কয়েলের চেয়ে কম না বেশি হয়?
- ৪। কারেন্ট ট্রান্সফরমারকে সংক্ষেপে কী বলে?
- ৫। সিটির সেকেন্ডারি সাইডে অ্যামিটার, ওয়াট মিটার ও এনার্জিমিটার কীভাবে সংযোগ থাকে?
- ৬। কারেন্ট ট্রান্সফরমার কী?

- ৭। কারেন্ট ট্রান্সফরমারে প্রাইমারি প্যাচের সংখ্যা কত হয়?
- ৮। কারেন্ট ট্রান্সফরমারে সেকেন্ডারি প্যাচের সংখ্যা কত হয়?
- ৯। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমার কী ধরনের ট্রান্সফরমার?
- ১০। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি ভোল্টেজ সাধারণত কত ধরে ডিজাইন করা হয়?
- ১১। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি কয়েলের প্যাচের সংখ্যা সেকেন্ডারি কয়েলের চেয়ে কম না বেশি হয়?
- ১২। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারকে সংক্ষেপে কী বলে?
- ১৩। পিটি সেকেন্ডারি সাইডে ভোল্টমিটার, ওয়াট মিটার ও এনার্জিমিটারের ইত্যাদির কী কয়েল সংযোগ থাকে?
- ১৪। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমার কী?
- ১৫। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের কাজ কী?
- ১৬। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারে প্রাইমারি প্যাচের সংখ্যা কত হয়?
- ১৭। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারে সেকেন্ডারি প্যাচের সংখ্যা কত হয়?
- ১৮। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারে কোনো কয়েলে চিকন তারের বেশিসংখ্যক প্যাচ থাকে?
- ১৯। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারে হাই ভোল্টেজ কীভাবে পরিমাপ করা যায়?
- ২০। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের রেটিং কীভাবে প্রকাশ করা হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। কারেন্ট ট্রান্সফরমারের কাজ কী?
- ২। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে ভোল্টমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।
- ৩। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে ওয়াটমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।
- ৪। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের সাথে এনার্জিমিটারের সংযোগ চিত্র অঙ্কন কর।
- ৫। পোটেনশিয়াল ট্রান্সফরমারের কাজ কী?
- ৬। সিটির সাহায্যে উচ্চ কারেন্ট কীভাবে পরিমাপ করা হয়?
- ৭। পিটির সাহায্যে উচ্চ ভোল্টেজ কীভাবে পরিমাপ করা হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। সিটির গঠন আলোচনা কর।
- ২। পিটির গঠন আলোচনা কর।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

বিদ্যুৎ উৎপাদন, পরিবহন ও বিতরণ ব্যবস্থা

১৩.১ বিদ্যুৎ উৎপাদন

বিদ্যুৎ এক প্রকার শক্তি যা চোখে দেখা যায় না কিন্তু এর প্রতিক্রিয়া অনুধাবন করা যায়। বিভিন্ন প্রকার শক্তি রূপান্তরের মাধ্যমে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন করা হয়। যে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিদ্যুৎ শক্তি উৎপন্ন হয়, তাকে বিদ্যুৎ উৎপাদন বলে।

১৩.২ বিদ্যুৎ উৎপাদন পদ্ধতিগুলোর নাম

বিভিন্ন শক্তিকে কাজে লাগিয়ে বিদ্যুৎশক্তি উৎপাদন করা যায়। রূপান্তর পদ্ধতিগুলোর উপর ভিত্তি করে নাম নিয়ে উল্লেখ করা হলো। যথা -

- (ক) গ্যাস টারবাইন পদ্ধতি;
- (খ) ডিজেল টারবাইন পদ্ধতি;
- (গ) হাইড্রোলিক টারবাইন পদ্ধতি;
- (ঘ) বাষ্প টারবাইন পদ্ধতি;
- (ঙ) পারমাণবিক টারবাইন পদ্ধতি;
- (চ) সোলার পদ্ধতি।

১৩.৩ প্রাইমমুভার

প্রাইমমুভার ইংরেজি শব্দ যার অর্থ হলো সর্বপ্রথম চালিকা শক্তি বা প্রধান চালিকা শক্তি যা উৎকৃষ্ট চালিকা শক্তি। প্রাইমমুভার শব্দটি বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রে ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। সুতরাং, প্রাইমমুভার এমন এক প্রকার যন্ত্র যা প্রাকৃতিক উৎসের দ্বারা যান্ত্রিক শক্তি অর্জন করে নিজে চলে এবং জেনারেটরকে ঘুরিয়ে বৈদ্যুতিক শক্তি উৎপন্ন করে। যেহেতু প্রাইমমুভার প্রাকৃতিক শক্তি ব্যবহারের মাধ্যমে নিজে চলে এবং অপরকে চালায়, সেহেতু সমস্ত অটোয়ান, পরিবহণের ট্রলি, লরি, মোটর সাইকেল, বেবিট্যাক্সি, ট্রেন ইত্যাদির ইঞ্জিনগুলোকে আমরা প্রাইমমুভার বলতে পারি।

১৩.৪ ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন

ট্রান্সমিশন: বৈদ্যুতিক পাওয়ারকে জেনারেটিং স্টেশন হতে সাব-স্টেশন পর্যন্ত পৌঁছে দেয়ার ব্যবস্থাকে ট্রান্সমিশন বলে। এতে পোল, টাওয়ার কন্ডাক্টর, ট্রান্সফরমার ইত্যাদি প্রয়োজন হয়। বাংলাদেশে ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ সাধারণত ২৩০ কেভি, ১৩২ কেভি, ৬৬ কেভি ও ৩৩ কেভি। বাংলাদেশে উৎপন্ন জেনারেটিং ভোল্টেজ ১১ কেভি বা ১১০০০ ভোল্ট। জেনারেটিং স্টেশন হতে উৎপন্ন ১১ কেভি ভোল্টেজকে উচ্চ ভোল্টেজে রূপান্তর করে ট্রান্সমিশন লাইনের মাধ্যমে বিভিন্ন সাব-স্টেশনে পৌঁছে দেয়া হয়। ট্রান্সমিশন লাইনে পাওয়ার ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়।

ট্রান্সমিশন দুই ধরনের হয়। যথা -

- (ক) প্রাইমারি ট্রান্সমিশন: জেনারেটিং স্টেশনের ১১/২৩০ কেভি স্টেপ আপ ট্রান্সফরমার থেকে ২৩০/১৩২ কেভি সাব-স্টেশনের ট্রান্সফরমার পর্যন্ত বিদ্যুৎ শক্তি পৌঁছানোর ব্যবস্থাকে প্রাইমারি ট্রান্সমিশন বলে।
- (খ) সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন: ২৩০/১৩২ কেভি সাব-স্টেশনের স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমার থেকে অন্য ১৩২/৩৩ কেভি সাব-স্টেশনের ট্রান্সফরমার পর্যন্ত বিদ্যুৎ শক্তি পৌঁছানোর ব্যবস্থাকে সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন বলে।

ডিস্ট্রিবিউশন: বৈদ্যুতিক পাওয়ারকে সাব-স্টেশন হতে গ্রাহকের মিটার পর্যন্ত পৌঁছে দেয়ার ব্যবস্থাকে ডিস্ট্রিবিউশন বলে। বাংলাদেশে ব্যবহৃত ডিস্ট্রিবিউশন ভোল্টেজ সাধারণত ১১ কেভি, ৩.৩ কেভি, ০.৪ কেভি হয়ে থাকে।

ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের মাধ্যমে গ্রাহক সরাসরি বিদ্যুৎ সরবরাহ পেয়ে থাকে। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়। ডিস্ট্রিবিউশন দুই ধরনের হয়ে থাকে। যথা -

(ক) গ্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন: ৩৩/১১ কেভি সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশনের থেকে ১১/০.৪ কেভি ট্রান্সফরমার পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ পৌঁছে দেয়ার ব্যবস্থাকে গ্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়।

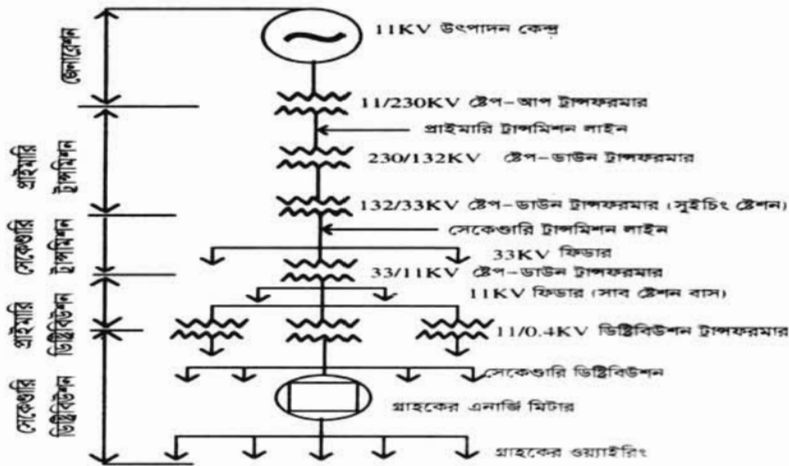
(খ) সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন: ১১/০.৪ কেভি ডিস্ট্রিবিউশন ট্রান্সফরমারের সেকেন্ডারি থেকে গ্রাহকের ওয়্যারিং পর্যন্ত বিদ্যুৎ সরবরাহ পৌঁছে দেয়ার ব্যবস্থাকে সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন বলা হয়।

১৩.৫ ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

বিদ্যুৎশক্তি উৎপন্ন করে দূর-দূরান্তে সরবরাহ ও বন্টনের ব্যবস্থা করতে ওভারহেড লাইন ব্যবহার করা দরকার। আমাদের দেশে শুধুমাত্র এসি ওভারহেড লাইনের মাধ্যমে বিদ্যুৎ সরবরাহ ও বন্টন করা হয়। বৈদ্যুতিক পাওয়ার জেনারেটিং স্টেশনে উৎপন্ন হয়। বৈদ্যুতিক পাওয়ার জেনারেটিং স্টেশন হতে দূর-দূরান্তে প্রেরণের জন্য বিভিন্ন ধরনের সাব-স্টেশন স্থাপন করা হয়। সাব-স্টেশন হতে গ্রাহকদের বিভিন্ন লোড ব্যবহার করার জন্য বিভিন্ন ধরনের ডিস্ট্রিবিউশন লাইন ব্যবহার করা হয়। ডিস্ট্রিবিউশন লাইনের সাহায্যে নিম্ন ভোল্টেজকে বিভিন্ন লোডে সরবরাহ করে গ্রাহকদের চাহিদা মেটানো হয়। তাই, ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম।

১৩.৬ ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন

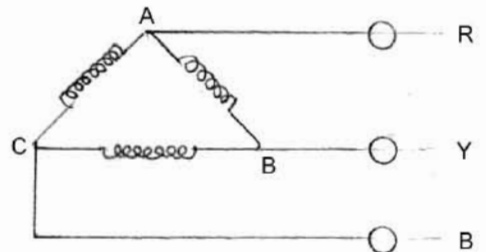
ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার লাইন ডায়াগ্রাম [চিত্র: ১৩.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো -



চিত্র: ১৩.১

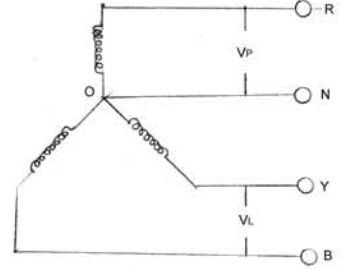
১৩.৭ তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতি

তিন ফেজ তিন তার পদ্ধতিতে শুধুমাত্র তিনটি ফেজ তার থাকে। যে পদ্ধতিতে শুধুমাত্র তিনটি ফেজ থাকে, তাকে তিন ফেজ, তিন তার পদ্ধতি অর্থাৎ তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ বলে। তিনটি ফেজ তারকে যথাক্রমে R (লাল), Y (হলুদ) এবং B (নীল) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। এ পদ্ধতিতে কোনো নিউট্রাল লাইন থাকে না কিন্তু ফেজ ভোল্টেজ লাইন ভোল্টেজের সমান হয়।



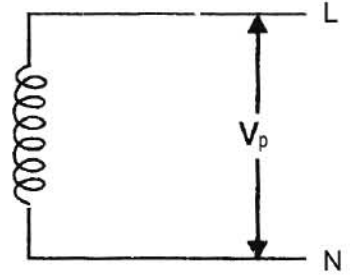
১৩.৮ তিন ফেজ চার তার পদ্ধতি

তিন ফেজ, চার তার পদ্ধতিতে তিনটি ফেজ তার ও একটি নিউট্রাল তার থাকে। যে পদ্ধতিতে তিনটি ফেজ ও একটি নিউট্রাল তার থাকে তাকে তিন ফেজ, চার তার পদ্ধতি অর্থাৎ তিন ফেজ, স্টার সংযোগ বলে। এ পদ্ধতির মাধ্যমে একই সাথে তিন ফেজ লোডের পাশাপাশি সিঙ্গেল ফেজ লোডের সাপ্লাই দেয়া যায়। তিনটি ফেজ ও নিউট্রাল তারকে যথাক্রমে R (লাল), Y (হলুদ), B (নীল) এবং N (নিউট্রাল) দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। তিনটি ফেজ লাইন থেকে তিন ফেজ লোড এবং একটি ফেজ ও নিউট্রাল তার থেকে সিঙ্গেল ফেজ লোড সরবরাহ দেয়া হয়।



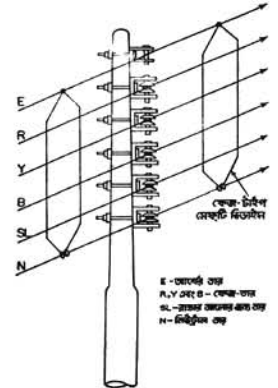
১৩.৯ এক ফেজ দুই তার পদ্ধতি

এক ফেজ ও দুই তার পদ্ধতিতে একটি ফেজ ও অপরটি নিউট্রাল তার থাকে। এ পদ্ধতিতে শুধুমাত্র সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দেয়া যায়। যে পদ্ধতিতে একটি ফেজ ও একটি নিউট্রাল তার থাকে তাকে এক ফেজ, দুই তার পদ্ধতি বলে। ফেজ তারকে L দ্বারা এবং নিউট্রাল তারকে N দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।



১৩.১০ শহরের পোলে তারের সংখ্যা ৬-এর প্রয়োজনীয়তা

শহরের বাসাবাড়ি, অফিস-আদালতে সিঙ্গেল ফেজ দুই তার পদ্ধতি ও কল-কারখানায় বিদ্যুৎ সরবরাহের জন্য তিন ফেজ চার তার পদ্ধতিসহ সিঙ্গেল ফেজ দুই তার পদ্ধতিও ব্যবহার করা হয়। এ পদ্ধতিতে তিনটি ফেজ ও একটি নিউট্রাল তারসহ সর্বমোট চারটি তার থাকে। সেই সাথে শহরের রাস্তার বাতি জ্বালানোর জন্য আরো একটি ফেজ তার এবং বজ্রপাতের ফলে সার্জ ভোল্টেজের হাত থেকে বৈদ্যুতিক সিস্টেম ও যন্ত্রপাতিকে রক্ষা করার জন্য একটি আর্থ তার ব্যবহার করা হয়। শহরে কিছু দূর পরপর নিউট্রাল তারকে আর্থ তারের সাথে সংযোগ করা দেয়া হয়। তাই শহরের পোলে মোট ৬টি তার ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়। ৬টি তারকে যথাক্রমে E, R, Y, B, SL ও N নামে চিহ্নিত করা হয়।



এখানে,

E = আর্থিং তার

N = নিউট্রাল তার

R, Y, B = তিনটি ফেজ তার

SL = রাস্তার বাতির জন্য তার

অনুশীলনী-১৩

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বিদ্যুৎ উৎপাদন কী?
- ২। জেনারেটিং স্টেশন কী?
- ৩। ট্রান্সমিশন ব্যবস্থা কী?
- ৪। ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থা কী?
- ৫। বাংলাদেশে উৎপন্ন জেনারেটিং ভোল্টেজ কত হবে?
- ৬। বাংলাদেশে সর্বোচ্চ ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ কত?
- ৭। ট্রান্সমিশন লাইনে কী ধরনের ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়?
- ৮। বাংলাদেশে বাসা বাড়িতে সাধারণত কত ভোল্টেজ ব্যবহৃত হয়?
- ৯। শহরের পোলে কয়টি তার ব্যবহার করা হয়?
- ১০। শহরের পোলে ব্যবহৃত তারগুলোকে কী কী নামে চিহ্নিত করা হয়?
- ১১। বাংলাদেশে ব্যবহৃত ডিস্ট্রিবিউশন ভোল্টেজগুলো কী কী?
- ১২। বাংলাদেশে ব্যবহৃত ট্রান্সমিশন ভোল্টেজগুলো কী কী?
- ১৩। প্রাইমারি ডিস্ট্রিবিউশন ভোল্টেজ কত হবে?
- ১৪। সেকেন্ডারি ডিস্ট্রিবিউশন ভোল্টেজ কত হবে?
- ১৫। প্রাইমারি ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ কত হবে?
- ১৬। সেকেন্ডারি ট্রান্সমিশন ভোল্টেজ কত হবে?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বিদ্যুৎ উৎপাদনগুলোর পদ্ধতির নাম লেখ।
- ২। ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন বলতে কী বোঝায়?
- ৩। ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার মধ্যে পার্থক্য উল্লেখ কর।
- ৪। শহরের পোলে ৬টি তারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশনে বিভিন্ন ভোল্টেজ ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।
- ২। ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন ব্যবস্থার সিঙ্গেল লাইন ডায়াগ্রাম অঙ্কন কর।

চতুর্দশ অধ্যায়

বৈদ্যুতিক লোড শেডিং ও বৈদ্যুতিক পাওয়ার অপচয়

১৪.১ বৈদ্যুতিক লোড শেডিং

কোনো একটি নির্দিষ্ট এলাকায় কিছু সময়ের জন্য পরিকল্পিতভাবে বিদ্যুৎ সরবরাহ বন্ধ রাখাকে বৈদ্যুতিক লোড শেডিং বলে। লোড ব্যবস্থাপনার মাধ্যমে বিভিন্ন এলাকায় জন্য লোড সিডিউল অনুযায়ী দেশের বিভিন্ন সাব-স্টেশনের বিদ্যুৎ সরবরাহ ব্যবস্থাকে নিয়ন্ত্রণ করে। সাব-স্টেশনসমূহে বিশেষ করে পিকলোড আওয়ারে তার এলাকার জন্য প্রস্তুতকৃত সিডিউল মোতাবেক চলার প্রয়োজনে এক অথবা একাধিক এইচ.টি ফিডার একটি নির্দিষ্ট সময়ের জন্য বন্ধ করে সাব-স্টেশনের বিদ্যুৎ ব্যবস্থাকে অনুমোদিত লোডের মধ্যে সীমিত রাখার চেষ্টা করা হয়। ফলে নির্দিষ্ট সময়ে একটা এলাকা বিশেষ করে সন্ধ্যার পর পিক লোড আওয়ারে অন্ধকারে নিমজ্জিত হয়।

বর্তমানে বাংলাদেশের বিদ্যুৎ উৎপাদন ক্ষমতা প্রায় ১০০০০ মেগা-ওয়াট। কিন্তু পিক আওয়ারে বিদ্যুৎ চাহিদা বেড়ে হয় ১৪০০০ মেগা-ওয়াট; ফলে পিক আওয়ারে বিদ্যুৎ চাহিদা মিটানোর জন্য লোড শেডিং করা হয়।

১৪.২ বৈদ্যুতিক লোড শেডিংয়ের কারণসমূহ

বৈদ্যুতিক লোড শেডিংয়ের কারণসমূহ নিম্নরূপ। যথা -

- (ক) পিক আওয়ারে গ্রাহকের বিদ্যুৎ চাহিদা অতিরিক্ত।
- (খ) কোনো কারণে উৎপাদন ক্ষমতা কমে যায়।
- (গ) ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে ত্রুটি দেখা দেয়।
- (ঘ) সাব-স্টেশন বা উপ-কেন্দ্রে ত্রুটি দেখা দেয়।

বৈদ্যুতিক লোড শেডিংয়ের প্রভাব:

- (ক) গ্রাহকের স্বাভাবিক জীবনযাত্রা ব্যাহত হয়।
- (খ) অফিস-আদালত, শিল্প-প্রতিষ্ঠান ও ব্যবসা-প্রতিষ্ঠানের কাজ-কর্ম ব্যাহত হয়।
- (গ) শিল্প-কারখানার উৎপাদন বন্ধ হয়ে যায়।
- (ঘ) ভোকেশনাল ইন্সটিটিউট, পলিটেকনিক ও ইঞ্জিনিয়ারিং শিক্ষাক্রমে ব্যবহারিক কাজে বিঘ্ন সৃষ্টি হয়।
- (ঙ) সেচ কাজ বন্ধ থাকায় ফসলের উৎপাদন হ্রাস পায়।
- (চ) জরুরি সেবামূলক প্রতিষ্ঠানে কাজের বিঘ্ন সৃষ্টি হয়।

১৪.৩ বৈদ্যুতিক পাওয়ার লস বা অপচয়

বিদ্যুৎ কেন্দ্র পরিচালনায় মূল ভিত্তি হলো যে কোনো প্রাকৃতিক শক্তির সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তি উৎপাদন করে প্রাইমমুভারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক জেনারেটরকে ঘূর্ণন গতি প্রদান করে বৈদ্যুতিক পাওয়ার উৎপন্ন করা। বৈদ্যুতিক পাওয়ার উৎপাদন কেন্দ্র হতে বিতরণ ও সরবরাহের জন্য বিভিন্নভাবে পাওয়ার অপচয় হয়, তাকে বৈদ্যুতিক পাওয়ার লস বলে।

পাওয়ার লস হওয়ার কারণগুলো নিম্নরূপ -

- (ক) নিম্নমানের পরিবাহী তার ব্যবহার করায় পাওয়ার লস বেশি হয়।
- (খ) বিতরণ হতে কম ভোল্টেজের কারণে লাইনে বেশি কারেন্ট প্রবাহিত হলে পাওয়ার লস বেশি হয়।

- (গ) জেনারেটিং ও সাব-স্টেশনে নিম্নমানের যন্ত্রপাতি ও ইকুইপমেন্ট ব্যবহার করলে পাওয়ার লস বেশি হয়।
 (ঘ) গ্রাহকের সরবরাহ লাইনে বিদ্যুৎ চুরি হলে পাওয়ার লস বেশি হয়।
 (ঙ) করোনা লসের কারণে পাওয়ার লস বেশি হয়।

১৪.৪ বৈদ্যুতিক পাওয়ার লস বা অপচয় কমানোর উপায়

নিম্নলিখিতভাবে বৈদ্যুতিক পাওয়ার লস কমানো যায়। যথা -

- (ক) জেনারেটিং স্টেশন হতে বিতরণ ও সরবরাহ লাইনে উন্নতমানের পরিবাহী ব্যবহার করলে পাওয়ার লস কম হয়।
 (খ) জেনারেটিং স্টেশন ও সাব-স্টেশনে উন্নতমানের যন্ত্রপাতি ও ইকুইপমেন্ট ব্যবহার করলে পাওয়ার লস কম হয়।
 (গ) বিতরণ ক্ষেত্রে লাইনে উচ্চ ভোল্টেজ ব্যবহার করলে পাওয়ার লস কম হয়।
 (ঘ) বৈদ্যুতিক লাইনের করোনা লস কমাতে পারলে পাওয়ার লস কম হয়।
 (ঙ) উচ্চ ভোল্টেজের কারণে লাইনের কারেন্ট কমে যায়। ফলে পাওয়ার লস কম হয়।
 (চ) লাইনের রেজিস্ট্যান্সের প্রতিক্রিয়া কমাতে পারলে পাওয়ার লস কম হয়।
 (ছ) গ্রাহকের বিদ্যুৎ চুরি বন্ধ করতে পারলে পাওয়ার লস কম হয়ে বিদ্যুৎ চুরির সাথে সংস্থার যে সমস্ত কর্মকর্তা-কর্মচারী জড়িত তাদেরকে কঠোরভাবে দমন করতে হবে এবং প্রয়োজনে চাকরিচ্যুত করতে হবে।

অনুশীলনী-১৪

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক লোড শেডিং কী?
- ২। বৈদ্যুতিক পাওয়ার অপচয় কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক লোড শেডিংয়ের কারণগুলো লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক পাওয়ার অপচয় কমানোর উপায় ব্যাখ্যা কর।

পঞ্চদশ অধ্যায়

পোল ও টাওয়ার স্থাপন

১৫.১ পোল

পোল এক ধরনের সাপোর্ট যার সাথে ওভারহেড লাইন যান্ত্রিকভাবে সংযুক্ত থাকে। ওভারহেড লাইনে দুই ধরনের সাপোর্ট দেয়া হয়। যথা –

- (ক) পোলের মাধ্যমে সাপোর্ট এবং
- (খ) টাওয়ারের মাধ্যমে সাপোর্ট।

পোল প্রধানত তিন প্রকার। যথা –

- (১) কাঠের পোল: (ক) এ টাইপ, (খ) আই টাইপ; (গ) এইচ টাইপ।
- (২) স্টিলের পোল: (ক) টিউবোলার পোল; (খ) রোলড স্টিল জয়েন্ট।
- (৩) কংক্রিট পোল: (ক) আরসিসি পোল; (খ) পিসিসি পোল

১৫.২ পোল বসানোর পদ্ধতি

পোলগুলোকে নির্দিষ্ট জায়গায় স্থাপনের জন্য কতকগুলো ধাপে অগ্রসর হতে হয়। ধাপগুলো হলো –

- (ক) পোলের গর্ত খনন;
- (খ) পোল তোলা;
- (গ) পোল বসানো।

(ক) পোলের গর্ত খনন: উল্লিখিত সবধরনের পোলের গর্ত, লেবেলিং, মাটি ভরাটের জন্য শাবল, গাইতি, বেলচা, কোদাল, ক্যাটার পিলার, মাটিখোড়ার আগর ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। আর্থ আগর এক ধরনের মাটি খোড়ার যন্ত্র যা ইঞ্জিনের সাহায্যে চালিত হয়। গর্তের ব্যাস পোলের সাইজের উপর নির্ভর করে। সাধারণভাবে গর্তের ব্যাস পোলের ব্যাস থেকে কম করে হলেও ১৫ সে.মি. (৬") এর মতো বড় হওয়া দরকার। গর্তের গভীরতা মোটামুটি পোলের দৈর্ঘ্যের $\frac{1}{3}$ থেকে $\frac{1}{2}$ ভাগ হয়। অ্যাঙ্গেল পোল, টার্মিনাল পোল, বালি এবং জলাজমির ক্ষেত্রে গর্তের গভীরতা বেশি হওয়া প্রয়োজন। পোলের দৈর্ঘ্য অনুযায়ী গর্তের গভীরতার একটি চার্ট নিম্নে দেয়া হলো –

টেবিল-১

পোল দৈর্ঘ্য (ফুট)	মাটিতে গর্তের গভীরতা (ফুট)		
	সরাসরি মাটিতে গর্তের মাপ	বক্রতা, কোনা ইত্যাদির জন্য মোট গর্তের মান	পাহাড়ি এলাকায় গর্তের গভীরতা
৩০	৫.৫	৬	৩.৫
৩৫	৬	৬.৫	৪
৪০	৬	৬.৫	৪
৪৫	৬.৫	৭	৪.৫
৫০	৭	৭.৫	৪.৫
৫৫	৭	৭.৫	৫
৬০	৭.৫	৮	৫
৬৫	৮	৮.৫	৬

৭০	৮	৮.৫	৬
৭৫	৮.৫	৯	৬

(খ) পোল ভোলা: সাধারণত চার প্রকিয়ায় পোল ভোলা হয়ে থাকে। যথা -

- (১) ডেরিক পোল পদ্ধতি: ভারী ধরনের পোল ভোলার কাজে ব্যবহৃত হয়। যেমন: রেল পোল, রোস্ট স্টিল জয়েন্ট ইত্যাদি।
- (২) গিন পোল পদ্ধতি: হালকা ধরনের পোল যেমন: কাঠের পোল, কংক্রিটের পোল, টিউবরোলার পোল ইত্যাদি কাজে ব্যবহৃত হয়।
- (৩) কাঁচি পদ্ধতি (ম্যানুয়েল পদ্ধতি)।
- (৪) তিন খুঁটি পদ্ধতি (ম্যানুয়েল পদ্ধতি)।

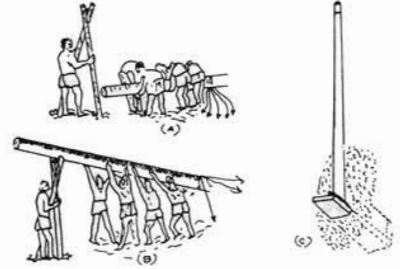
পোল ভোলার ক্ষেত্রে উপরিউক্ত পদ্ধতিগুলোর মধ্যে যে-কোনো একটি পদ্ধতি ব্যবহার করতে হবে।

(গ) পোল বসানো: পোল গর্তে দাড়া করানো হয়ে গেলে ডেরিক, পুলি বক্স, কপিকল, স্ল্যাচ বক্স ইত্যাদি সরিয়ে পোলটিকে ঠিকমতো উল্লম্ব পজিশনে স্থাপন করে নিতে হয়। এসময় কতগুলো কাজ করতে হয়। যথা -

- (১) পোলকে প্রয়োজনমতো ঘুরিয়ে ক্রশ আর্মকে পুরাপুরি লাইনের আড়াআড়িতে আনতে হবে।
- (২) গুলনের সাহায্যে পোলটিকে সম্পূর্ণ ও সঠিকভাবে খাঁড়া করে নিতে হবে।
- (৩) গর্তের মধ্যে পোলকে একটু এদিক-ওদিক সরিয়ে অন্যান্য পোলের সঙ্গে এক লাইন বরাবর আনতে হবে।
- (৪) পোল সঠিকভাবে স্থাপন হয়ে গেলে দড়িগুলোকে টান করে মাটিতে পোঁতা খুঁটির সঙ্গে বেধে দিতে হবে।

এ কাজগুলো হবার পর বিভিন্ন পোলের ক্ষেত্রে গর্তগুলো বিভিন্ন পদ্ধতিতে ভরাট করতে হয়। যেমন -

কাঠের পোলের ক্ষেত্রে: কাঠের পোল হলে গর্তের মধ্যে কিছু মাটি ও ইটের খোয়া বা পাথরের খোয়া দিয়ে ভর্তি করে পানি ছিটানো হয়। অতঃপর শাবলের পিছন দিয়ে দূরমুশ করে দিতে হয়। সবশেষে টানা দড়িগুলো খুলে নিতে হবে।



কংক্রিটের পোলের ক্ষেত্রে: কংক্রিটের পোল হলে মাটির তলায় পোলের চারপাশে ২০ সে.মি. থেকে শুরু করে মাটির উপর ৩০ সে.মি. (১২") পর্যন্ত ঢালাই করা হয়। ১ ভাগ সিমেন্ট, ২ ভাগ বালি, ৩ ভাগ ইটের খোয়া (১ : ২ : ৩) অথবা (১ : ২ : ৪) মিশিয়ে এই কংক্রিট তৈরি করা হয়। কংক্রিট পোলের চারদিকে গর্তের মধ্যে ঢালতে হয় এবং মাঝে মাঝে খুঁচিয়ে দিতে হয়। কংক্রিটের ঢালাই মাটির উপরেও অন্তত ৩০ সে.মি. থাকবে ও পোল থেকে বাইরের দিকে ঢাল করে দিতে হবে। কংক্রিট জমে শক্ত হয়ে গেলে চারদিকে মাটি দিয়ে ভালো করে দূরমুশ করার পর টানা দড়িগুলো খুলে নিতে হবে।

স্টিলের পোলের ক্ষেত্রে: এক্ষেত্রে গর্তের তলায় ১৬ সে.মি. × ১৬ সে.মি. × ৩ সে.মি (৪০" × ৪০" × ৭.৫") থেকে ৫০ সে.মি. × ৫০ সে.মি. × ১০ সে.মি. (২০" × ২০" × ৪") মাপের একটি কংক্রিটের স্লাব বসিয়ে নিতে হয়। এরপর আগের মতোই পোল বসানোর পর গর্তের চারদিকে মাটি দিয়ে ভালো করে দূরমুশ করার পর টানা রশিগুলো খুলে নিতে হবে।

১৫.৩ টাওয়ার

টাওয়ার এক ধরনের মজবুত সাপোর্ট, যার সাথে অতি উচ্চচাপবিশিষ্ট ওভারহেড লাইনের তার বায়বিকভাবে সংযুক্ত করা হয়। নরম ইস্পাতে অথবা গ্যালভানাইজ করা ইস্পাতের অ্যাসেল চ্যানেলসমূহ রিভেট, নাট বোল্ট দিয়ে জুড়ে টাওয়ার তৈরি করা হয়। টাওয়ারের পাঞ্চলো প্রধান অংশ হিসেবে বিবেচিত। সাধারণত ৬৬ কেভি বা তার চেয়ে বেশি ভোল্টেজের সকল লাইনে টাওয়ার ব্যবহৃত হয়। বিশেষ বিশেষ ক্ষেত্রে ১১ কেভি ও ৩৩ কেভি লাইনেও টাওয়ার ব্যবহার করা হয়।

বিকার অথবা স্প্যানের উপর নির্ভর করে টাওয়ার চার প্রকার। যথা -

- (১) ট্যানজেন্ট টাওয়ার;
- (২) কুলানো ইনসুলেটর স্ক্রু কোণবিশিষ্ট টাওয়ার;
- (৩) টানযুক্ত ইনসুলেটর মাঝারি কোণবিশিষ্ট টাওয়ার;
- (৪) টানযুক্ত ইনসুলেটর বৃহৎ কোণবিশিষ্ট টাওয়ার।

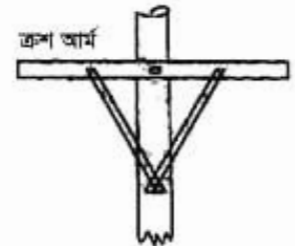
অনেক সময় টাওয়ারকে নিম্নরূপে বিভক্ত করা যায়। যথা -

- (১) সিমেন্স সার্কিট টাওয়ার;
- (২) ডাবল সার্কিট টাওয়ার এবং
- (৩) কসেট সার্কিট টাওয়ার।



১৫.৪ ক্রশ-আর্ম

ওভারহেড লাইনে সাধারণত খোলা তারই কন্ডাক্টর হিসেবে ব্যবহার করা হয়। লাইনের কন্ডাক্টরকে ইনসুলেটরের সাথে আটকানো হয়। আবার একই পোলের সাথে কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়। এ সকল কন্ডাক্টরকে পরস্পর থেকে নির্দিষ্ট দূরত্বে রাখা প্রয়োজন। নতুবা, দুই লাইনের মাঝে শর্টসার্কিট হতে পারে। কন্ডাক্টরসমূহকে স্থিতি হতে শিরাপদ উচ্চতার রাখতে হবে।



ক্রশ-আর্মগুলো স্টিলের অ্যাসেল সেকশন অথবা কাঠের হয়ে থাকে। পোলের উপরে আড়াআড়িভাবে স্থাপিত সকলকে ক্রশ-আর্ম বলে। ক্রশ-আর্মগুলো ইনসুলেটর ও তার বহন করে থাকে। পোলের

মাথার দিকে নাট বোল্ট, ক্ল্যাম্প ইত্যাদির সাহায্যে ক্রশ-আর্ম আটকানো হয়। ইস্পাতের ক্রশ-আর্ম তৈরি করার জন্য এম. এস. চ্যানেল অথবা অ্যাজেল ব্যবহার করা হয়। চ্যানেল দ্বারা তৈরি ক্রশ-আর্মকে চ্যানেল ক্রশ-আর্ম এবং অ্যাজেল দ্বারা তৈরি ক্রশ-আর্মকে অ্যাজেল ক্রশ-আর্ম বলা হয়।

কন্ডাক্টরের বিন্যাস অনুসারে ক্রশ-আর্ম চার প্রকার। যথা -

- (১) সরল ক্রশ-আর্ম;
- (২) ত্রিকোণাকার ক্রশ-আর্ম;
- (৩) ত্রি আকারের ক্রশ-আর্ম এবং
- (৪) সর্পিলাকার বা জিগজাগ ক্রশ-আর্ম।

১৫.৫ ক্রশ-আর্ম স্থাপনের পদ্ধতি

ক্রশ-আর্মের আকার নির্ধারণ ও স্থাপনের উপর লাইনের কর্মদক্ষতা অনেকাংশে নির্ভরশীল। তাই, ক্রশ-আর্ম স্থাপনের ক্ষেত্রে কিছু প্রয়োজনীয় শর্ত মেনে চলা দরকার।

- (ক) ক্রশ-আর্মের ধরণ এমন হতে হবে, যাতে সূর্য কন্ডাক্টর বিন্যাস নিশ্চিত হয়।
 - (খ) লাইনের কন্ডাক্টরগুলোর ব্যবধান সঠিক হতে হবে।
 - (গ) ক্রশ-আর্ম পোলের নির্দিষ্ট উচ্চতায় স্থাপন করতে হবে, যাতে কন্ডাক্টরসমূহ ভূমি হতে নিরাপদ উচ্চতায় থাকে।
 - (ঘ) লাইনের দিক অনুযায়ী ক্রশ-আর্মের দিক সঠিক হতে হবে। ট্যানজেন্ট পোলে ক্রশ-আর্ম পোলের উপর লম্বভাবে থাকবে এবং কৌণিক পোলে এর দিক এমন হতে হবে, যাতে তার উভয় পাশেই টান প্রায় সমান হয়।
- উপরিউক্ত শর্তসমূহ পূরণসাপেক্ষে নাট-বোল্ট ও ক্ল্যাম্পের সাহায্যে ক্রশ-আর্ম ভালোভাবে স্থাপন করতে হবে।

১৫.৬ ইসুলেটর

ইসুলেটর চিনামাটি বা কাচের তৈরি এক ধরনের অপরিবাহী পদার্থ। ইসুলেটরগুলো ট্রান্সমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে থাকে। কাজেই বলা যায়, ওভারহেড লাইনে কন্ডাক্টরকে ধরে রাখা ও পোল অথবা টাওয়ারের ধাতব অংশ যেমন: ক্রশ আর্ম হতে কন্ডাক্টরকে বিচ্ছিন্ন করে রাখার জন্য যে অপরিবাহী পদার্থ বা বস্তু ব্যবহার করা হয়, তাকে ইসুলেটর বলে।

ইসুলেটর ছয় প্রকার। যথা -

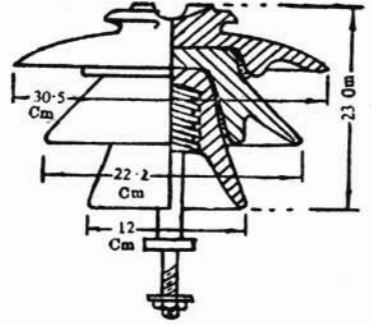
- (১) শ্যাকল বা রীল বা স্পুল ইসুলেটর,
- (২) পিন ইসুলেটর,
- (৩) স্টেইন ইসুলেটর,
- (৪) সাসপেনশন ইসুলেটর,
- (৫) পোস্ট ইসুলেটর,
- (৬) স্টে বা গাই ইসুলেটর।

নিচে বিভিন্ন ধরনের ইসুলেটরের ব্যবহারসহ চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো -

- (১) শ্যাকল ইসুলেটর: এটি ২৩০/৪০০ ভোল্ট হতে ১১ কেভি ভোল্টেজ লাইনে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া বাসাবাড়ি, কল-কারখানা, সার্ভিস কানেকশন, এলটি লাইন ও যে-কোনো পোলে ব্যবহৃত হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.৬] শ্যাকল ইসুলেটর অঙ্কন করে দেখানো হলো।



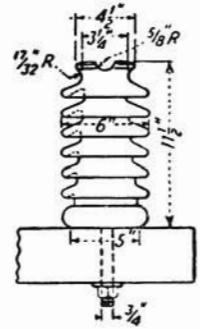
- (২) পিন ইন্সুলেটর: এটি নিম্নচাপের ভোল্টেজ লাইন হতে ৩৩ কেভি পর্যন্ত ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.৭] পিন ইন্সুলেটর অঙ্কন করে দেখানো হলো।



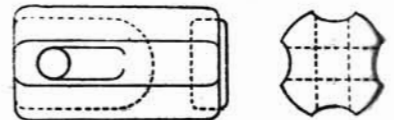
- (৩) সাসপেনশন ইন্সুলেটর: এটি ৩৩ কেভির উর্ধ্ব ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া ট্যানজেন্ট টাওয়ারে ব্যবহৃত হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.৮] সাসপেনশন ইন্সুলেটর অঙ্কন করে দেখানো হলো।



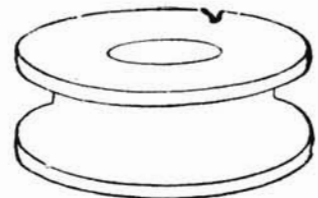
- (৪) স্টেইন বা পোস্ট ইন্সুলেটর: এটি উচ্চচাপের ভোল্টেজ লাইন, টার্মিনাল, সেকশন ও কোণিক পোল অথবা টাওয়ারে ব্যবহৃত হয়। এছাড়া ১১ কেভির উর্ধ্ব যেকোনো ওভারহেড ভোল্টেজ লাইনে ব্যবহৃত হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.৯] স্টেইন বা পোস্ট ইন্সুলেটর অঙ্কন করে দেখানো হলো।



- (৫) স্টে বা গাই ইন্সুলেটর: এটি ওভারহেড লাইনে গাই বা স্টে তারে ব্যবহার করা হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.১০] স্টে বা গাই ইন্সুলেটর অঙ্কন করে দেখানো হলো।



- (৬) রীল বা স্পুল ইন্সুলেটর: এটি সাধারণত ২৩০/৪০০ ভোল্ট হতে ১১ কেভি এবং সার্ভিস কানেকশনে ব্যবহৃত হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.১১] রীল বা স্পুল ইন্সুলেটর অঙ্কন করে দেখানো হলো।



১৫.৭ ইন্সুলেটরের প্রয়োজনীয়তা

ওভারহেড লাইনে ইন্সুলেটর ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা নিম্নে দেয়া হলো:

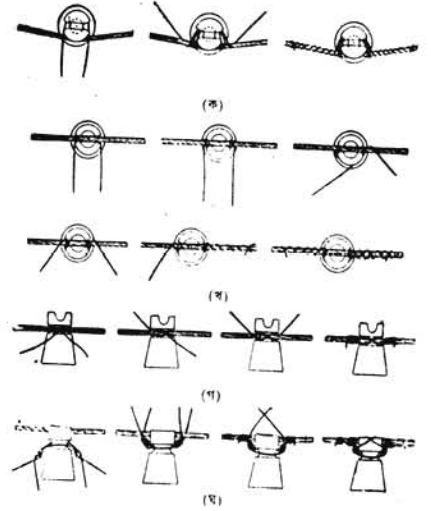
- (১) লাইনের খোলা কন্ডাক্টরকে ভূমি হতে এমন উচ্চতায় রাখতে হয় যাতে লোকজন, গাছপালা ও যানবাহন হতে নিরাপদ দূরত্বে থাকে।
- (২) লাইনের বিভিন্ন কন্ডাক্টরকে পরস্পর হতে এমন দূরত্বে রাখতে হয় যাতে শর্টসার্কিট না হয়।
- (৩) লাইনের কন্ডাক্টরকে পোল ও ক্রশ-আর্মের সাহায্যে আলাদা রাখতে হয় যাতে কন্ডাক্টর আর্থের সংস্পর্শে আসতে না পারে।

ইন্সুলেটর ট্রানমিশন ও ডিস্ট্রিবিউশন লাইনে গুরুত্বপূর্ণ ভূমিকা পালন করে। তাই এর প্রয়োজনীয়তা অপরিণীম।

১৫.৮ ইন্সুলেটর আটকানোর পদ্ধতি

বিভিন্ন ধরনের ইন্সুলেটর আটকানোর পদ্ধতি বর্ণনা করা হলো। কিন্তু বাস্তবে প্রতিটি ইন্সুলেটর আটকানোর কৌশল একই রকম। তাই পাশে পিন ইন্সুলেটর আটকানোর বিভিন্ন কৌশল চিত্রের মাধ্যমে দেখানো হলো।

পিন ইন্সুলেটরের মাঝের সেলের মধ্যে কেন্দ্র বরাবর একটি গর্ত থাকে, যার মধ্যে প্যাঁচ কাটা থাকে। এ গর্তে পিন আটকিয়ে আস্তে আস্তে ঘুরিয়ে ইন্সুলেটরটি পিনের উপর বসাতে হয়। এখন ওয়েস্টার্ন ইউনিয়ন জয়েন্ট প্রক্রিয়ায় লাইন কন্ডাক্টরের সাথে পিন ইন্সুলেটরকে আটকানো হয়। এভাবে তারের সাথে ইন্সুলেটরকে আটকানো হয়।



১৫.৯ ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টর

ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টর বলতে বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহের জন্য ব্যবহৃত তার বা এক ধরনের পরিবাহীকে বুঝায়, যার মধ্য দিয়ে সহজে বৈদ্যুতিক কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে। ওভারহেড লাইনে সাধারণত কপার, অ্যালুমিনিয়াম, ইস্পাতের কন্ডাক্টর ব্যবহৃত হয়। ওভারহেড লাইনে কারেন্ট প্রবাহের উপর ভিত্তি করে বিভিন্ন সাইজের কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়।

১৫.১০ কন্ডাক্টরের প্রকারভেদ

ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টর পাঁচ প্রকার। যথা –

- (ক) তামা বা কপার কন্ডাক্টর;
- (খ) অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর;
- (গ) ইস্পাতের কন্ডাক্টর;
- (ঘ) কপার ওয়েস্ট কন্ডাক্টর এবং
- (ঙ) ব্রোঞ্জ কন্ডাক্টর।

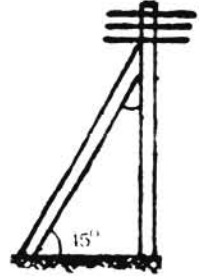
১৫.১১ এ.সি.এস.আর এবং এ.এ.সি কন্ডাক্টর

অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর স্টীল রি-ইনফোর্সড: Aluminium Conductor Steel Re-inforced এর সংক্ষিপ্ত রূপ এ.সি.এস.আর (A.C.S.R)। অন্য কথায়, একে Steel Cored Aluminium বা সংক্ষেপে এস.সি.এ (S.C.A) কন্ডাক্টরও বলা হয়। যে কন্ডাক্টরে অ্যালুমিনিয়াম তারের গুচ্ছের ভিতরে একটি স্টীলের তার বা একগুচ্ছ স্টীলের তার ব্যবহার করা হয়, তাকে অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর স্টীল রি-ইনফোর্সড বা এ.সি.এস.আর কন্ডাক্টর বলে। এর টান সহন ক্ষমতা বেশি। উচ্চ চাপের ট্রানমিশন লাইনে এ.সি.এস.আর কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়।

অল অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর: All Aluminium Conductor এর সংক্ষিপ্ত রূপ এ.এ.সি (A.A.C)। যে কন্ডাক্টরে শুধুমাত্র একগুচ্ছ অ্যালুমিনিয়াম তার ব্যবহার করা হয়, তাকে অল অ্যালুমিনিয়াম কন্ডাক্টর বলে। এর টান সহন ক্ষমতা কম। ওভারহেড লাইনে এ.এ.সি কন্ডাক্টর ব্যবহার করা হয়।

১৫.১২ টানা

বৈদ্যুতিক লাইনে ব্যবহৃত পোল অথবা টাওয়ার ঝড়-বৃষ্টি ও তারের টানে যে কোনো দিকে হেলে যেতে পারে। তাই, যে-কোনো অবস্থায় পোলকে সোজা বা খাড়া রাখতে বিপরীত দিকে আর একটি টানের ব্যবস্থা করা হয়। টানা বলতে বিপরীতমুখী টানকে বুঝায়। স্টে তারের সাহায্যে পোলের মাথার কিছু নিচের দিকে ক্লাম্প দিয়ে আটকিয়ে অপর মাথা গাই ইন্সুলেটর হয়ে স্টে-সেটের সাহায্যে পোলকে মাটির সাথে গেঁথে দেয়াকে টানা বলে।



১৫.১৩ টানা ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

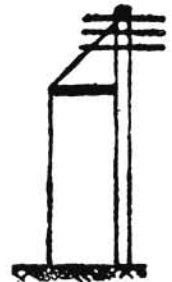
নিম্নলিখিত কারণে পোলে টানা প্রয়োজন হয়। যথা -

- (১) প্রান্তিক পোলে এক পাশে তারের টান থাকে বলে তারের টানে পোল হেলে বা কাঁত হয়ে যেতে পারে। এজন্য টানা ব্যবহার করা প্রয়োজন।
- (২) কৌণিক বা অ্যাঙ্গেল পোলে দুই দিকের তারের টান পরস্পর বিপরীতমুখী নয়। ফলে, উভয় তারের টানে পোল কোনো একদিকে হেলে যেতে পারে। এজন্য টানা ব্যবহার করা প্রয়োজন।
- (৩) সেকশন পোল হতে লাইন আড়াআড়ি টানা হলে সে পোল আড়াআড়ি টানে হেলে যেতে পারে। এজন্য টানা ব্যবহার করা প্রয়োজন।
- (৪) সেকশন পোলের দুই পাশের তারের টান বিপরীতমুখী হলেও এক পাশের টান অপেক্ষা অপর পাশে টান বেশি হলে পোল যেদিকে চাপ বেশি সেদিকে বেঁকে যেতে পারে। এজন্য টানা ব্যবহার করা প্রয়োজন।
- (৫) ঝড়ের সময় বাতাসের চাপে ট্যানজেন্ট পোল লাইনের আড়াআড়ি দিকে হেলে যেতে পারে। এজন্য টানা ব্যবহার করা প্রয়োজন।

১৫.১৪ টানা লাগানোর পদ্ধতিসমূহ

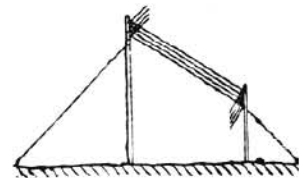
টানা লাগানোর পদ্ধতি চার প্রকার। যথা

- (১) সাধারণ টানা: সাধারণ টানা পোলের সাথে ৪৫° কোণ করে দেয়া হয়। ভূমি হতে যতটুকু উপরে টানা পোলে আটকানো হয়, পোলের গোড়া হতে টানার গোড়ার দূরত্ব ততটুকু হয়। ১৫.১৩ নং চিত্রে সাধারণ টানা লাগানোর পদ্ধতি চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

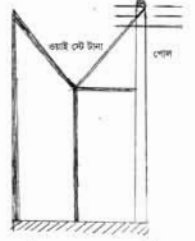


- (২) আউট রিগার টানা: এ ধরনের টানায় পোলের সাথে আউট রিগার ব্রাকেট লাগিয়ে টানা দেয়া হয়। পোলের পাশে যথেষ্ট পরিমাণ জায়গা না পাওয়া গেলে এ ধরনের টানা ব্যবহার করা হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.১৪] আউট রিগার টানার চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো।

- (৩) ফ্লাইং স্টে টানা: টানা রাস্তার দিকে পড়লে একটি স্টার পোলের সাহায্যে রাস্তার উপর দিয়ে টানা তার পাড় করে টানা দেয়া হয়। স্টার পোলটি রাস্তার অপর পাশে বসিয়ে এর মাথার সাথে পোলকে স্টে তার দিয়ে সংযোগ করা হয় এবং স্টার পোলে সাধারণ টানা ব্যবহার করা হয়। স্টার পোলের উচ্চতা লাইন পোলের চেয়ে কিছুটা কম হয়। পাশে [চিত্র: ১৫.১৫] ফ্লাইং স্টে টানার চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো।



- (৪) ওয়াই স্টেট টানা: পোলের একদিকে ক্র্যাডল গার্ড লাগানো থাকলে পোল ও ক্র্যাডল গার্ডের সাথে ক্রশ আর্মের উপর টানার সমতা আনয়নের জন্য ক্রশ আর্মের উভয় দিকে টানা তার লাগিয়ে ঐ তারের মাঝখান থেকে টানা ব্যবহার করা হয়। পাশের চিত্র: ১৫.১৬। ওয়াই স্টেট টানার চিত্র অঙ্কন করে দেখানো হলো।



১৫.১৫ গার্ড

ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টর হঠাৎ কোনো কারণে ছিঁড়ে গিয়ে রাস্তা-ঘাট, টেলিফোন লাইন, লোকজন, জীব-জন্তুর উপর পড়লে দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। আবার, ওভারহেড লাইনে কন্ডাক্টরে পাখি বসে অনেক সময় কন্ডাক্টর ও ক্রশ-আর্মের মধ্যে শর্ট সার্কিট ঘটায়। এ কারণে, ওভারহেড লাইনের তার ছিঁড়ে যাতে মাটিতে না পড়তে পারে এবং কোনো প্রকার বিপদ না ঘটে আর্থিং রীলের মাধ্যমে লাইন অফ করে দিতে পারে, তার জন্য যে ডিভাইস ব্যবহার করা হয়, তাকে গার্ড বলে।

গার্ডের প্রেবিবিভাগ: গার্ড পাঁচ প্রকার। যথা -

- (ক) ক্রেডল গার্ড: যেখানে রেললাইন, টেলিফোন লাইন একই পোলের সাথে ভোল্টেজের লাইন থাকে, সেখানে ক্রেডল গার্ড ব্যবহার করা হয়।
- (খ) কর্ক গার্ড: ছোট ছোট রাস্তা পারাপারের জন্য কর্ক গার্ড ব্যবহার করা হয়।
- (গ) সেকটি গার্ড / কেজ গার্ড: ডিস্ট্রিবিউশন লাইন অথবা এলপি সার্ভিস লাইনের পোলের কাছাকাছি সাধারণত সেকটি গার্ড ব্যবহার করা হয়।
- (ঘ) বার্ড গার্ড: ওভারহেড লাইনে পিন ইনসুলেটরের উপরে বার্ড গার্ড ব্যবহার করা হয়।
- (ঙ) ক্কাই গার্ড: টাওয়ারবিশিষ্ট ওভারহেড লাইন রেলপথ অথবা টেলিফোন লাইন অতিক্রম করলে ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টরের নিচে এবং টেলিফোন লাইনের উপরে ক্কাই গার্ড ব্যবহার করা হয়।

১৫.১৬ ড্যাম্পার

ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টরের উপর দিয়ে বাতাস প্রবাহের ফলে কন্ডাক্টরে কম্পনের সৃষ্টি হয়। এ কম্পনের কারণে পোল বা টাওয়ারের নিকট কন্ডাক্টর ছিঁড়ে যেতে পারে। লাইনের কন্ডাক্টরকে ছিঁড়ে যাবার হাত হতে রক্ষা এবং তারে কম্পনের মান কমানোর জন্য যে ডিভাইস ব্যবহার করা হয়, তাকে ড্যাম্পার বলে।

১৫.১৭ ড্যাম্পার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা

কন্ডাক্টরে উপর দিয়ে বাতাস প্রবাহের ফলে কন্ডাক্টরের মধ্যে কম্পনের সৃষ্টি হয়। কিন্তু কম্পন লাইনের দোলন হতে আলাদা। কম্পন কন্ডাক্টরে উল্লম্ব চেউ সৃষ্টি করে এবং স্প্যানের এক প্রান্ত হতে অন্য প্রান্ত পর্যন্ত বিস্তৃত থাকে। এ তরঙ্গ খুব বেশি হয়। কম্পনের ফলে ইন্সুলেটরের বাঁধনের উপর ক্রমাগত চাপ পড়ে, ফলে কন্ডাক্টর ছিঁড়ে যেতে পারে। লাইনের কন্ডাক্টরকে ছিঁড়ে যাওয়ার হাত হতে রক্ষা এবং কম্পনের মান কমানোর জন্য ড্যাম্পার ব্যবহার করা প্রয়োজন হয়।



অনুশীলনী-১৫

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক পোল বলতে কী বোঝায়?
- ২। কয়টি পদ্ধতিতে পোল তোলা যায়?
- ৩। কথক্ৰিট পোলের ক্ষেত্রে মাটির তলায় পোলের চারপাশে কত সে.মি. পর্যন্ত ঢালাই দিতে হয়?
- ৪। স্টিল পোলের ক্ষেত্রে গর্তের তলায় কত ঘন সে.মি. একটি কথক্ৰিট স্তাব বসাতে হবে?
- ৫। কার্ঠের পোল কত প্রকার ও কী কী?
- ৬। কার্ঠের পোল কত ভোল্টেজ লাইনে ব্যবহৃত হয়?
- ৭। স্নাবের উপর পোল বসানোর পর মাটি ভরাট করে ভালোভাবে কী ব্যবস্থা নেয়া হয়?
- ৮। পোল ও টাওয়ার কেন ব্যবহার করা হয়?
- ৯। ওভারহেড লাইনে কী কী উপায়ে সাপোর্ট দেয়া হয়?
- ১০। সাধারণত পোলের কত অংশ মাটির নিচে পুঁততে হয়?
- ১১। কথক্ৰিট পোল কত প্রকার ও কী কী?
- ১২। ক্রশ-আর্ম কী?
- ১৩। ক্রশ-আর্ম কত প্রকার ও কী কী?
- ১৪। কার্ঠের তৈরি ক্রশ-আর্ম কত ভোল্টেজ লাইনে ব্যবহৃত হয়?
- ১৫। ক্রশ-আর্ম কিসের তৈরি?
- ১৬। ইস্পাতের ক্রশ-আর্ম কী দিয়ে তৈরি করা হয়?
- ১৭। ক্রশ-আর্ম কোথায় ব্যবহার করা হয়?
- ১৮। চ্যানেল ক্রশ-আর্ম ও অ্যাঙ্গেল ক্রশ-আর্ম কী?
- ১৯। ইন্সুলেটর কী?
- ২০। ইন্সুলেটর কী কী উপাদানে তৈরি?
- ২১। গাই ইন্সুলেটর কিসের তৈরি?
- ২২। নিম্নচাপের ভোল্টেজ লাইনে কী কী ধরনের ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৩। সাব-স্টেশনে এইচটি বাসবারে কী ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৪। স্টে তারে কী ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৫। নিম্নচাপের ভোল্টেজ লাইনে কোনো ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৬। নিম্নচাপের ভোল্টেজ লাইন হতে ৩৩ কেভি পর্যন্ত ওভারহেড লাইনে কোনো ধরনের ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৭। ৩৩ কেভি'র উর্ধ্ব ওভারহেড লাইনে কোনো ধরনের ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৮। উচ্চ চাপের ওভারহেড লাইনে কোনো ধরনের ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়?
- ২৯। ওভারহেড লাইনের কন্ডাক্টর কী?
- ৩০। ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টরগুলো কী কী পদার্থ দিয়ে তৈরি হয়?
- ৩১। যেখানে বায়ুমণ্ডলে ক্ষতিকারক গ্যাস বিদ্যমান থাকে, সেখানে কোনো তার ব্যবহার করা হয়?
- ৩২। ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টরের সাইজ কিসের উপর নির্ভর করে?
- ৩৩। ইস্পাতের কন্ডাক্টরের টান সহন ক্ষমতা কত?
- ৩৪। অ্যালুমিনিয়াম স্ট্রাভেড কন্ডাক্টরকে সংক্ষেপে কী বলে?
- ৩৫। A.A.C এর পূর্ণরূপ ইংরেজিতে লেখ।
- ৩৬। A.C.S.R এর পূর্ণরূপ ইংরেজিতে লেখ।

- ৩৭। টানা কী?
- ৩৮। টানা কত প্রকার ও কী কী?
- ৩৯। টানায় যে ইন্সুলেটর ব্যবহার করা হয়, তার নাম কী?
- ৪০। টানায় ব্যবহৃত স্টে ইনসুলেটর সাধারণত মাটি থেকে কত উপরে বসাতে হয়?
- ৪১। টানার তার হিসেবে সাধারণত কী তার ব্যবহার করা হয়?
- ৪২। সাধারণ টানা পোলের সাথে কত ডিগ্রী কোণে ব্যবহার করা হয়?
- ৪৩। টানা তারের গুচ্ছে সাধারণত কয়টি করে তার থাকে?
- ৪৪। গার্ড কী?
- ৪৫। গার্ড কত প্রকার ও কী কী?
- ৪৬। ড্যাম্পার কী?
- ৪৭। ওভারহেড লাইনে কোনো ইন্সুলেটরের উপরে বার্ড গার্ড বসানো হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। পোলের শ্রেণিবিভাগ লেখ।
- ২। পোল বসানোর করণীয় কাজগুলো উল্লেখ কর।
- ৩। টাওয়ারের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ৪। পোল ও টাওয়ারের মধ্যে পার্থক্য লেখ।
- ৫। ক্রশ-আর্ম কী? এটি কত প্রকার ও কী কী?
- ৬। ক্রশ-আর্মের কাজ কী?
- ৭। ক্রশ-আর্ম স্থাপনের ক্ষেত্রে প্রয়োজনীয় কী কী শর্ত মেনে চলতে হয়?
- ৮। ক্রশ-আর্ম স্থাপন করার প্রয়োজনীয় মালামালের তালিকা উল্লেখ কর।
- ৯। ইন্সুলেটরের শ্রেণিবিভাগ উল্লেখ কর।
- ১০। বিভিন্ন প্রকার ইন্সুলেটরের ব্যবহার উল্লেখ কর।
- ১১। গাই ইন্সুলেটরের কাজ কী?
- ১২। ওভারহেড লাইনের তার স্ট্র্যাণ্ডেড করা থাকে কেন?
- ১৩। ওভারহেড লাইনে ব্যবহৃত কন্ডাক্টরের প্রকারভেদ উল্লেখ কর।
- ১৪। এ.সি.এস.আর এবং এ.এ.সি কন্ডাক্টর বলতে কী বোঝায়?
- ১৫। পরিবাহীর গুণাগুণের উপর কী কী প্রভাব বিস্তার করে?
- ১৬। টানা ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা কী?
- ১৭। টানা ব্যবহারের কারণগুলো কী?
- ১৮। টানা লাগাতে কী সরঞ্জামাদি ব্যবহার করা হয়?
- ১৯। বিভিন্ন প্রকার গার্ড কোথায় কোথায় ব্যবহার করা হয়?
- ২০। ড্যাম্পার ব্যবহারের প্রয়োজনীয়তা উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। পোল বসানোর পদ্ধতি বর্ণনা কর।
- ২। ক্রশ-আর্ম স্থাপনের পদ্ধতি বর্ণনা কর।
- ৩। ইন্সুলেটর আটকানোর পদ্ধতি বর্ণনা কর।

ষোড়শ অধ্যায় আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ও ইন্টলেশন

১৬.১ আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল

কোনো নির্দিষ্ট পরিমাণ ভোল্টেজকে প্রতিরোধ করতে পারে, এমন পর্যাপ্ত ইন্সুলেশনের সমন্বয়ে প্রস্তুতকৃত কন্ডাক্টর বা পরিবাহীকে আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল বলে। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবলে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজকে প্রতিরোধ করার জন্য পি.ভি.সি, ভি.আই.আর ও ভি.সি ইত্যাদি ইন্সুলেশন দেয়া হয়।

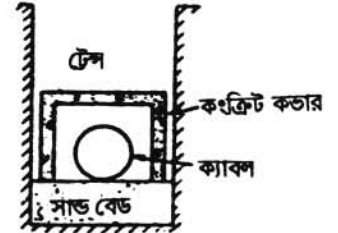
ঘনবসতিপূর্ণ এলাকায় আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ব্যবহার সুবিধাজনক। আমাদের দেশে সাব-স্টেশনে, সার্ভিস কানেকশনে আভারগ্রাউন্ড ক্যাবলের ব্যবহার বেশি। ট্রান্সমিশন সিস্টেমে এখনও আমাদের দেশে আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ব্যবহৃত হচ্ছে না।

১৬.২ আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশন

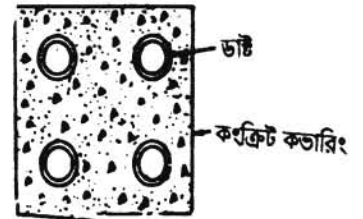
আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশন বলতে মাটির নিচে পর্যাপ্ত ইন্সুলেশন সমন্বয়ে প্রস্তুতকৃত ক্যাবল বসানোর যাবতীয় বৈদ্যুতিক কাজ স্থাপন করার পদ্ধতিকে বুঝায়। সাধারণত তিনটি পদ্ধতিতে আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল বসানো হয়ে থাকে। যথা -

- (১) সরাসরি পদ্ধতি;
- (২) ড্র-ইন পদ্ধতি এবং
- (৩) সলিড পদ্ধতি।

(১) সরাসরি পদ্ধতি: এ পদ্ধতিতে আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল বসানো সবচেয়ে সহজ, সস্তা ও আধুনিক। ক্যাবল বসানোর জন্য ১.৫ মিটার গভীর এবং ৪৫ সে.মি. প্রস্থবিশিষ্ট একটি গর্তের তলদেশে ১০ সে.মি. পুরুত্বের বালুর আস্তরণ দেয়া হয়। বালুর আস্তর ক্যাবলকে জলীয় বাষ্প এবং ক্ষয় হতে রক্ষা করে। ক্যাবল স্থাপনের পর পুনরায় ১০ সে.মি. পুরুত্বের বালির আস্তর দেয়া হয়। অতঃপর যান্ত্রিক আঘাত হতে রক্ষা করার জন্য কংক্রিটের একটি কভার দেয়া হয়। উপরে সরাসরি পদ্ধতি [চিত্র: ১৬.১] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



(২) ড্র-ইন পদ্ধতি: এ পদ্ধতিতে ক্যাবল রাস্তা বরাবর কন্ডুইট অথবা কংক্রিটের পাইপের সাহায্যে বসানো হয়। কন্ডুইট অথবা কংক্রিটের পাইপকে ডাঙ্কি বলে। রক্ষণাবেক্ষণ, ক্যাবল পাতা ও অপসারণ প্রভৃতি কাজের সুবিধার্থে ক্যাবল রুটে কিছুদূর পরপর ম্যানহোলের ব্যবস্থা রাখা হয়। এদের তিনটি রাস্তা বা ডাঙ্কি পরিবহন ক্যাবলের জন্য এবং বাকিটি পাইলট ওয়্যার, রিলে সংযোগ, তার ইত্যাদি পাতার কাজে ব্যবহৃত হয়। উপরে ড্র-ইন পদ্ধতি [চিত্র: ১৬.২] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



(৩) সলিড পদ্ধতি: এ পদ্ধতিতে ক্যাবল রাস্তা বরাবর খোলা কন্ডুইট বা পাইপে ব্যবহৃত হয়। সাধারণত কাস্ট আয়রন, পাথর ইত্যাদির পাইপ এ কাজে ব্যবহৃত হয়। ক্যাবল পাতার কাজ শেষ হলে বিটুমিনাস বা বিটুমিনাসের যৌগের সাহায্যে পাইপগুলোকে ঢেকে দেয়া হয়। ফলে ক্যাবল যান্ত্রিক আঘাত হতে রক্ষা পায়। পাশে সলিড পদ্ধতি [চিত্র: ১৬.৩] অঙ্কন করে দেখানো হলো।



১৬.৩ আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশনের সুবিধা ও অসুবিধা

আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশনের সুবিধাসমূহ নিম্নরূপ:-

- (১) আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশন ব্যবহারের দিক থেকে অধিক নিশ্চয়তা প্রদান করে।
- (২) এটি যোগাযোগ বর্তনীর সাথে তেমন কোনো বিঘ্ন সৃষ্টি করে না।
- (৩) এটি শহর এলাকার সৌন্দর্য বজায় রাখতে ও নিরাপত্তা বিধানে বিশেষ উপযোগী।
- (৪) আভারগ্রাউন্ড সিস্টেমে কন্ডাক্টরের দূরত্ব কম হওয়ায় লাইনে ইন্ডাকটিভ-রিয়াকটিভ-জেনারেটড ড্রপ কম হয়। ফলে ভোল্টেজ ড্রপ কম হয়।
- (৫) এটি সার্জ ভোল্টেজ ও বজ্রপাতের প্রভাব থেকে মুক্ত।
- (৬) রক্ষণাবেক্ষণ খরচ খুবই কম।

আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশনের অসুবিধাসমূহ:-

- (১) আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশনে প্রাথমিক ব্যয় অনেক বেশি।
- (২) ক্যাবল মাটির নিচে দিয়ে টানা হয় বলে দোষ-ত্রুটি নির্ণয় করা কষ্টসাধ্য।
- (৩) ইন্টলেশন কাজ জটিল হওয়ায় দক্ষ প্রকৌশলীর প্রয়োজন হয়।
- (৪) যত্রতত্র টেপিং করা সম্ভব নয়।
- (৫) কন্ডাক্টরের দূরত্ব খুব কম থাকায় ক্যাপাসিট্যান্সের মান খুব বেশি হয়। ফলে চার্জিং কারেন্ট বেশি হয়।
- (৬) ইন্টলেশন বেশি খরচ বিবেচনা করে আভারগ্রাউন্ড সিস্টেম ৩৩ কেভি'র বেশি ভোল্টেজ লাইনে ব্যবহার করা হয় না।

অনুশীলনী-১৬**অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন**

- ১। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল কী?
- ২। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশন বা সংস্থাপন কী?
- ৩। ডাক্ট কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশনের সুবিধা কী?
- ২। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশনের অসুবিধা কী?
- ৩। ওভারহেড লাইনের তুলনায় আভারগ্রাউন্ড লাইনের রক্ষণাবেক্ষণ ব্যয় কম না বেশি?
- ৪। ক্যাবল স্থাপনের কাজ কয়টি ধাপে সম্পন্ন হয়?

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল ইন্টলেশন বলতে কী বোঝায়?
- ২। আভারগ্রাউন্ড ক্যাবলের সুবিধা ও অসুবিধাগুলো লেখ।

সপ্তদশ অধ্যায় ক্যাবল জয়েন্ট ও টার্মিনেশন

১৭.১ ক্যাবল জয়েন্ট

ক্যাবল জয়েন্ট বলতে বিদ্যুৎ প্রবাহের অবিচ্ছিন্ন পথ তৈরি করার উদ্দেশ্যে ক্যাবল ড্রেস করে কন্ডাক্টরকে নির্দিষ্ট নিয়মে আনুষঙ্গিক সরঞ্জামাদির সাহায্যে জোড়া লাগানোকে বুঝায়।

আমাদের দেশে প্রধানত দুই ধরনের ক্যাবল জয়েন্ট তৈরি করা হয়। যথা –

(ক) স্প্লাইট টাইপ জয়েন্ট করা এবং

(খ) ঢালাই রজনের সাহায্যে জয়েন্ট করা।

ক্যাবল জয়েন্টের কাজ করার জন্য বিশেষ প্রশিক্ষণপ্রাপ্ত ক্যাবল জয়েন্টার প্রয়োজন। এই কাজ অবশ্য ক্যাবল ও তার আনুষঙ্গিক সরঞ্জাম প্রস্তুতকারী ও সরবরাহকারী সংস্থার নির্দেশমতো করাই বিধেয়। এজন্য ক্যাবল জয়েন্টের কাজ আরম্ভ করার আগে নির্দিষ্ট পয়েন্ট পদ্ধতি সম্পর্কিত বিস্তারিত নির্দেশ এবং ঐ জয়েন্টে ব্যবহৃত সরঞ্জামসমূহের নক্সা ও মাপ সম্পর্কে জানা একান্ত প্রয়োজন। সেই মাপ এবং নির্দেশমতো ড্রেসিং ও জয়েন্ট করা কর্তব্য।

১৭.২ মানসম্পন্ন ক্যাবল জয়েন্টের গুণাবলি

বৈদ্যুতিক কাজ-কর্মের প্রায় সকলক্ষেত্রেই জয়েন্টের প্রয়োজন হয়। প্রতিটি ক্যাবল জয়েন্টের নিম্নলিখিত গুণাবলি থাকা প্রয়োজন। যথা –

- (ক) ক্যাবল জয়েন্ট যান্ত্রিকভাবে অথবা তারের অন্য অংশের সাথে সমপরিমাণ টান সহ্য করার ক্ষমতা থাকতে হবে।
- (খ) বৈদ্যুতিকভাবে প্রতি একক দৈর্ঘ্যে জয়েন্টের পরিবাহিতা সমান হতে হবে।
- (গ) এটির টেনসাইন ক্ষমতা ৯৫% হওয়া দরকার।
- (ঘ) ১০০% ইলেকট্রিক্যাল সংযোগ হওয়া দরকার।
- (ঙ) জয়েন্ট শেষে এটির উপর এমনভাবে ইন্সুলেশন দিতে হবে যাতে জয়েন্টের স্থান ক্যাবলের অন্য স্থানের তুলনায় সমপরিমাণ ক্ষমতাসম্পন্ন হয়।

১৭.৩ ক্যাবল জয়েন্ট করার পদ্ধতি

ক্যাবল জয়েন্ট করার আগে প্রস্তুতি পর্ব হিসেবে নিম্নলিখিত কাজগুলো করতে হয়। যথা –

- (১) বাতাস ও ধূলাবালি থেকে মুক্ত রাখার জন্য জয়েন্টে স্কেটটি ৬মি. × ৬মি. তাঁবু দিয়ে ঢেকে দিতে হবে। বাতাসের বিপরীত দিকে তাঁবুর একটিমাত্র দরজা রেখে এটি করা হয়।
- (২) ক্যাবল যৌগ উত্তপ্ত করার ব্যবস্থা কাছাকাছি এমন জায়গায় হতে হবে যাতে বাষ্প ও ধোঁয়া তাঁবুর ভেতরে প্রবেশ করতে না পারে।
- (৩) গর্ত যদি ধ্বংসে যাওয়ার সম্ভাবনা থাকে, তবে পাশে তক্তা বসিয়ে সুরক্ষার ব্যবস্থা করতে হবে।
- (৪) বর্ষাকালে গর্তের চারপাশে মাটির বাঁধ দিতে হবে, যাতে বৃষ্টির পানি ঢুকতে না পারে।
- (৫) বাড়তি পানি জমার গর্ত এমন জায়গায় করতে হবে যাতে পানি বের করার সময় জয়েন্টের কাজে কোনো বাধার সৃষ্টি না হয়।
- (৬) গর্তের তলদেশে ত্রিফল পেতে তার উপর পুরনো কাগজ বিছিয়ে জয়েন্টের যন্ত্রপাতি সাজিয়ে রাখতে হবে যাতে কাজে নিয়োজিত ব্যক্তি সহজে কাজের সময় ঐগুলো হাতের কাছে পায়।
- (৭) একই চিহ্নযুক্ত ক্যাবলের কোরগুলো একত্রে জুড়ে দিতে হবে।

(৮) জয়েন্ট করার আগে ক্যাবলকে যথাযথভাবে ড্রেসিং করে নিতে হবে।

(৯) শ্লীভ জয়েন্টের ক্ষেত্রে সীসার শ্লীভকে ব্লো-ল্যাম্প দিয়ে গরম করে ভেতরের জলীয় বাষ্প মুক্ত করতে হবে।

ক্যাবল জয়েন্ট কয়েকটি ধাপে সম্পন্ন করা হয়। যথা -

(ক) মালামালের তালিকা প্রস্তুত করা;

(খ) ক্যাবলের আবরণ সরানো পদ্ধতি;

(গ) ক্যাবলের জয়েন্ট প্রস্তুত করা;

(ঘ) সোল্ডারিং করার পদ্ধতি;

(ঙ) টেপিং করার পদ্ধতি;

(চ) কম্পাউন্ডে পীচ ভর্তি করে জয়েন্ট তৈরি করা।

(ক) মালামালের তালিকা প্রস্তুত করা:

সোল্ডার: কভারিং খালি করার জন্য সীসার আবরণ, প্রাশিং ইত্যাদি ব্যবহার করা হয়। তামার তারের জন্য যে সোল্ডার ব্যবহার করা হয় তাতে ৫০% - ৬০% টিন ও ৪০% - ৫০% সীসা অথবা ৪০% - ৫০% টিন ও ১% - ৩% এন্টিমনি এবং বাকিটায় সীসা থাকে। অ্যালুমিনিয়াম তারের জন্য ৫১% টিন, ৩১% সীসা, ৯% দস্তা এবং ৯% ক্যাডমিয়ামবিশিষ্ট সোল্ডার ব্যবহার করা হয়।

ফ্লাক্স: তামার কভারিংয়ের ক্ষেত্রে রজন ও অন্যান্য কিছু জৈবিক উপাদানমিশ্রিত পেস্ট এবং অ্যালুমিনিয়ামের ক্ষেত্রে বিশেষ জৈবিক ফ্লাক্স ব্যবহার করা হয়।

ট্যাংকো চর্বি: এটা এক ধরনের ফ্লাক্স। প্রাশিং কাজে এটি ব্যবহার করা হয়।

ইন্সুলেটিং টেপ: জয়েন্টের উপর ইন্সুলেশন দেয়ার জন্য, বিটুমিনমিশ্রিত বা তৈলসিক্ত কাপড়ের টেপ ব্যবহার করা হয়। হাই-ভোল্টেজের ক্ষেত্রে তৈলসিক্ত কাগজের টেপও ব্যবহার করা হয়। পিভিসি ক্যাবলের ক্ষেত্রে পিভিসি টেপ ব্যবহার করা হয়।

শীল্ডিং টেপ: শীল্ডিং টেপ খুব পাতলা তামার পাতের তৈরি বিনুনি। স্ক্রীভ জয়েন্টের জন্য এ টেপ ব্যবহার করা হয়।

স্ট্রেস রিলিফ কোণ: জয়েন্টের প্রান্তে বা টার্মিনেশনে বৈদ্যুতিক পীড়ন লাঘব করার জন্য, স্ট্রেস রিলিফ কোণ ব্যবহার করা হয়। পিআইএলসি ক্যাবলের জন্য কাগজ পাকানো সীসার স্ট্রেস কোণ ব্যবহার করা হয়।

তেল নিরোধক টেপ: যেখানে জয়েন্ট বাক্স ভর্তি করার জন্য রজনমিশ্রিত তেলে কম্পাউন্ড ব্যবহার করা হয়, সেখানে ঐ কম্পাউন্ড, যাতে জয়েন্ট হতে ক্যাবলের মধ্যে ঢুকতে না পারে সেজন্য টেপ দিয়ে আবরণের মুখ এবং ক্যাবলের দুপাশ বন্ধ করে দেয়া হয়। একে পুন্টস বলে।

পীচ: পীচ বিটুমিন দ্বারা তৈরি করা হয়। জয়েন্ট বাক্স ভর্তি করার জন্য এটা ব্যবহার করা হয়। গলিয়ে ঢালবার তাপমাত্রা পিআইএলসি ক্যাবলের জন্য ১৫০০ সেন্টিগ্রেড এবং পিভিসি ক্যাবলের জন্য ১৩০০ সেন্টিগ্রেড হয়।

এপোক্সি রেজিন: পিভিসি ক্যাবলের মোন্ডকৃত জয়েন্ট বক্সে এ কম্পাউন্ড ব্যবহার করা হয়।

এপোক্সি পুটি: এপোক্সি রেজিন ঢালাই করার আগে ক্যাবল ঢোকানোর পথে এবং দুটি মোন্ডের মধ্যকার ফাঁক বন্ধ করার জন্য এটি ব্যবহার করা হয়।

ছাঁচের আঠা: জয়েন্ট করার পর কোর ও আবরণ পরিষ্কার করার জন্য এবং মোন্ডের দুটি অংশ সংযুক্ত করার জন্য এ আঠা ব্যবহার করা হয়।

পিভিসি দ্রাবক: পিভিসি ক্যাবলের ক্ষেত্রে ইন্সুলেশন ও আবরণের উপর এবং মোস্তের ভিতরের দিকে দ্রাবক লাগালে এপোক্সি রেজিনের সাথে বন্ডিং ভালো হয়।

প্রাথমিক ব্যাক: প্রাথমিক ব্যাক এক ধরনের রং করার সময় আবরণ ও শীথের পরিকৃত অংশ জারিতে হয়ে যাতে কালো হয়ে না যায় এবং প্রাথমিক মেটাল বেশি ছড়িয়ে না পড়ে তার জন্য রঙ লাগানো হয়।

ফেরুল: কন্ডাক্টরে জয়েন্ট করার জন্য ফেরুল ব্যবহৃত হয়। এগুলো কলাই করা তামার দ্বারা তৈরি। এর একদিকে দৈর্ঘ্য বরাবর চেরা থাকে।

ক্রু কানেক্টর: টি অফ জয়েন্ট করার জন্য ক্রু কানেক্টর ফিটিং ব্যবহার করা হয়।

স্প্রেডার বা স্পেসার: স্প্রেডার বা স্পেসার চীনা মাটির দ্বারা তৈরি করা হয়। জয়েন্ট বক্সের মধ্যে কোরগুলোকে পরস্পর হতে দূরে রাখার জন্য এটি ব্যবহৃত হয়।

সীসার নল: জয়েন্টের মধ্যে যাতে পানি বা জলীয় বাষ্প ঢুকতে না পারে সেজন্য নলের মধ্যে জয়েন্ট রেখে দুদিকের মুখ ক্যাবলের আবরণের সাথে ঝালাই করে দেয়া হয়।

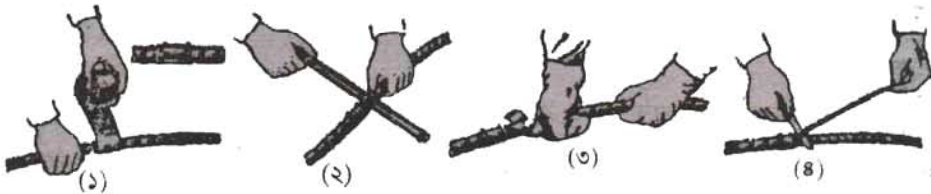
চালাই লোহার বাক্স: একে জয়েন্ট বাক্সও বলা যায়। বাক্সটি দুটি অংশে বিভক্ত। অংশ দুটির মাঝখানে রেখে দুটি অংশকে নাটবলু দ্বারা আটকানো হয়।

প্রাস্টিক মোস্ত: এপোক্সি রেজিন পদ্ধতিতে জয়েন্টের কাজে এটি ব্যবহার করা হয়।

(খ) ক্যাবলের আবরণ সরানোর পদ্ধতি:

ক্যাবলের আবরণ সরানোর পূর্বে প্রয়োজনমতো মাপ নিয়ে ক্যাবলটি ডেসিং করতে হবে এবং ক্যাবলের সার্ভিং তার বা ফিতা দ্বারা ভালো করে বেধে নিতে হবে। সার্ভিং চাকু দিয়ে কেটে ফেলে কিছুটা জায়গা ছেড়ে আর্মারিং তার দ্বারা বেধে রাখতে হবে। হাক'স দিয়ে আর্মারিং কেটে ফেলতে হবে।

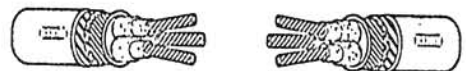
আর্মারিং কাটার পর কম্পাউন্ড মিশ্রিত পাটের দড়ি কেটে ফেলে পেট্রোল বা কেরোসিন দিয়ে সীসার আবরণটি ভালোভাবে পরিষ্কার করাসহ চাকু দিয়ে গোল করে সীসার আবরণ কেটে নিতে হবে।



এ স্থান হতে চাকু দিয়ে সীসার আবরণটি লম্বালম্বিভাবে কেটে নিয়ে ক্যাবলটি বেঁধে নিতে হবে এবং বাকি সীসার আবরণটি আর্মারের সাথে ভালো করে ঝালাই করে দিতে হবে। ক্যাবলের খেইগুলোকে প্রায়সের সাহায্যে ঘড়ির কাটার বিপরীত দিকে ঘুরিয়ে ফাঁক করে ক্যাবলের গাঁচানো হতে খুলতে হবে এবং শীথের মুখ হতে সরু করে জড়ানো ইন্সুলেশন খুলে ফেলতে হবে। এভাবে ক্যাবলের ইন্সুলেশন সরানো হয়।

(গ) ক্যাবলের জয়েন্ট প্রস্তুত করা:

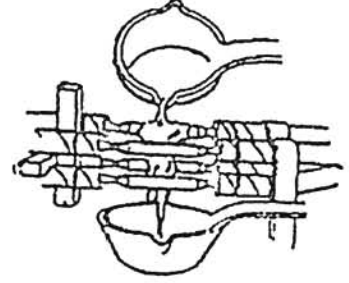
ইন্সুলেশন তোলা একটি তারের ভিতর একটি ফাঁপা টাইপের পিভিসি কম্পাউন্ড ঢুকিয়ে রাখতে হবে। ইন্সুলেশন তোলা আর দুটো কন্ডাক্টরকে ফেরুলের মধ্যে আটকিয়ে হাইড্রোলিক পাঞ্চিং



মেশিনের সাহায্যে পাঞ্চ করে দুটো কন্ডাক্টরকে জোড়া লাগাতে হবে। এভাবে জয়েন্ট প্রস্তুত করতে হয়।

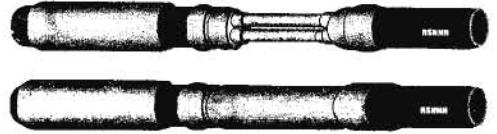
(ঘ) সোল্ডারিং করার পদ্ধতি:

জয়েন্ট প্রস্তুত করার পর নির্দিষ্ট পরিমাণ সোল্ডারিং লীড একটি হাতায়ুক্ত বাটিতে গলিয়ে নিয়ে ঐ সোল্ডারিং লীড কন্ডাক্টরের উপর ঢালতে হবে এবং তলায় আরেকটি হাতায়ুক্ত বাটি নিচে ধরতে হবে, যাতে অতিরিক্ত সোল্ডারিং লীড নষ্ট না হয়ে তার মধ্যে জমা হতে পারে। সঙ্গে সঙ্গে কন্ডাক্টরের উপর হতে সোল্ডারিং লীড সরিয়ে কন্ডাক্টরের চারপাশে এবং ফাঁকে ফাঁকে একটি শক্ত ব্রাশ দিয়ে ক্লান্স লাগিয়ে নেয়া হয়। এবার কন্ডাক্টরের উপর আবার সোল্ডারিং লীড ঢেলে কন্ডাক্টরকে টিনিং করে নেয়া হয়। প্রয়োজনমতো একাধিকবার ক্লান্স লাগিয়ে সোল্ডারিং লীড ঢালতে হবে। টিনিং করা হয়ে গেলে সেগুলোকে একত্রিত করে অতিরিক্ত সোল্ডারিং লীড কন্ডাক্টরের উপর হতে ঝেড়ে মুছে ফেলতে হবে।



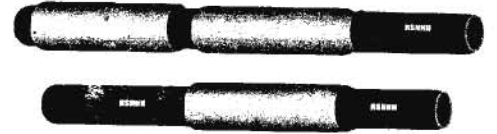
(ঙ) টেপিং করার পদ্ধতি:

সোল্ডারিং শেষ করার পর জয়েন্টের উপর বিটুমিন মিশ্রিত ইন্সুলেটিং টেপ বা অ্যাম্পিয়ার টেপ জড়িয়ে ইন্সুলেশন দেয়া হয়। টেপিং খুব শক্ত করে জড়াতে হবে। প্রথমে ফেরুল ও খোলা কন্ডাক্টরগুলোর উপর ফিতা জড়িয়ে মূল ইন্সুলেশনের সমান করে নিতে হবে। পরে একদিকের ব্যান্ড ইন্সুলেশনের ধার পর্যন্ত এবং কোর ইন্সুলেশনের উপর ঐ টেপ জড়াতে হবে। হাতে জড়ানো ইন্সুলেশনের মূল কোর ইন্সুলেশনের দ্বিগুণ হবে। এ পদ্ধতিতে সবগুলো কন্ডাক্টরের উপর টেপিং করা হয়।



(চ) কম্পাউন্ডে পীচ ভর্তি করে জয়েন্ট তৈরি করা:

একটি পায়ে পীচ ঢেলে প্রস্তুতকারী সংস্থার নির্দেশিত তাপমাত্রায় গরম করতে হবে। সাধারণভাবে পীচ পরীক্ষা করার জন্য বুদবুদ উঠা বন্ধ হলে এক টুকরা অ্যাম্পিয়ার টেপ চুবিয়ে দেখা হয়। পীচ হতে টেপ উঠিয়ে মুছে নিলে তার রংয়ে খয়েরি আভা পাওয়া যায় তবে পীচ ঢালার উপযুক্ত হয়েছে বলে ধরে নেয়া হয়। কেবলের কম্পাউন্ড ফাঁপা জয়েন্টের বরাবর এনে দাঁড় করাতে হবে এবং নিচের অংশটি অপরিবাহী পদার্থ দ্বারা আটকিয়ে কম্পাউন্ডের উপরের অংশ হতে ঢেলে পীচ ভর্তি করতে হবে।



দুই ঘণ্টা পর পুনরায় পীচ ঢেলে ফাঁপা কম্পাউন্ড সম্পূর্ণ ভর্তি করতে হবে। যদি ঠাণ্ডা হবার পর দেখা যায় কোনো অংশ ফাঁকা থাকে পুনরায় আবার পীচ ঢেলে পূরণ করতে হবে। এভাবে জয়েন্ট তৈরি করতে হবে।

১৭.৪ ক্যাবল টার্মিনেশন

কার্যক্ষেত্রে মাঝে মাঝে এমন অবস্থা আসে যখন আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবলের বৈদ্যুতিক মেশিনারী বা ওভারহেড লাইনের সঙ্গে সংযোগের জন্য বিশেষ প্রক্লিনায় বিন্যাস করতে হয়। একেই ক্যাবল টার্মিনেশন বলে।

পেপার ইন্সুলেটেড ক্যাবলের টার্মিনেশন এমনভাবে করতে হবে, যাতে ক্যাবলের ইন্সুলেশন জল শুষ্ক নিতে না পারে। ক্যাবল এন্ড বক্স বা ডিভাইডিং বক্সের সাহায্যে এই টার্মিনেশন করা হয়। ঐ বক্সের মধ্যে ক্যাবলের মাথা সীল করা থাকে বলে জল বা আর্দ্র বাতাস ঢুকে ক্যাবলের ইন্সুলেশন নষ্ট করতে পারে না।

টার্মিনালের অবস্থান, টার্মিনালের বাক্সের গঠন, ভোল্টেজ অনুসারে টার্মিনেশনের সরঞ্জাম ও পদ্ধতি কিছুটা আলাদা হয়ে থাকে।

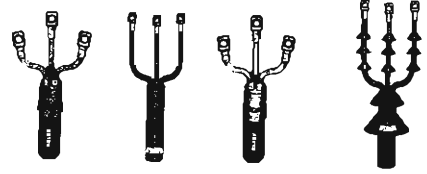
১৭.৫ ক্যাবল টার্মিনেট করার পদক্ষেপসমূহ

ক্যাবল টার্মিনেশনের পদক্ষেপসমূহ নিম্নে দেয়া হলো। যথা -

- (ক) মালামালের তালিকা প্রস্তুত করা;
- (খ) ক্যাবলের আবরণ সরানো পদ্ধতি;
- (গ) ক্যাবলের জয়েন্ট প্রস্তুত করা;
- (ঘ) সোল্ডারিং করার পদ্ধতি;
- (ঙ) টেপিং করার পদ্ধতি;
- (চ) কম্পাউন্ডে পীচ ভর্তি করে জয়েন্ট তৈরি করা।
- (ছ) ক্যাবলের কোরগুলোতে লাগ সংযোজন করা।

১৭.৩-এ (ক) থেকে (চ) পর্যন্ত আলোচনা করা হয়েছে। ফলে, আলোচনা নিম্নায়োজন।

(ছ) ক্যাবলের কোরগুলোতে লাগ সংযোজন করা: ক্যাবলের কোরগুলোতে হাইড্রোলিক পাক্সিং মেশিনের সাহায্যে লাগ সংযোজন করতে হবে। এভাবে ক্যাবল টার্মিনেশন তৈরি করতে হবে।

**অনুশীলনী-১৭****অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন**

- ১। ক্যাবল টার্মিনেশন কী?
- ২। পেপার ইনসুলেটেড ক্যাবলের টার্মিনেশনে কি ধরনের ঢালাই লোহার সংযোজন বাস্ক ব্যবহার করা হয়?
- ৩। ডিস্ট্রিবিউশন বোর্ড, সুইচগিয়ার এবং ট্রান্সফরমারের ক্ষেত্রে ক্যাবলের টার্মিনেশনে কী ধরনের বাস্ক ব্যবহৃত হয়?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। ক্যাবল টার্মিনেশনের পদক্ষেপগুলো লেখ।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। ক্যাবল জয়েন্ট করার পদ্ধতিসমূহ বর্ণনা কর।
- ২। ক্যাবল টার্মিনেশন করার পদক্ষেপসমূহ বর্ণনা কর।

অষ্টাদশ অধ্যায় বৈদ্যুতিক লিফট

১৮.১ বৈদ্যুতিক লিফট

বৈদ্যুতিক লিফট একটি উত্তোলনকারী ও নিম্নে গমনকারী যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক ব্যবস্থা সম্বলিত প্রকোষ্ঠ, যা উল্লম্ব পথে নিয়ন্ত্রিতভাবে গমনাগমন করা যায়। লিফটের প্রকোষ্ঠ উঠা-নামার জন্য বৈদ্যুতিক মোটর ব্যবস্থা থাকে। বৈদ্যুতিক মোটর গিয়ারবিশিষ্ট অথবা গিয়ারবিহীন হতে পারে।

ব্যবহারিক ক্ষেত্রে সাধারণত প্যাসেঞ্জার লিফট, মালপত্র বহনকারী লিফট, ফ্রেইট লিফট, ফর্ক লিফট ইত্যাদি ধরনের হয়।

একটি যাত্রীবাহী লিফট স্থাপনের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত বিষয়গুলো বিবেচনা করতে হয়। যথা -

বিস্তীর্ণতর বৈশিষ্ট্য; জনসংখ্যার বৈশিষ্ট্য এবং লিফট চালু থাকার গড় সময় এবং যাত্রীসংখ্যার বহন ক্ষমতা।

১৮.২ বৈদ্যুতিক লিফটের ব্যবহার

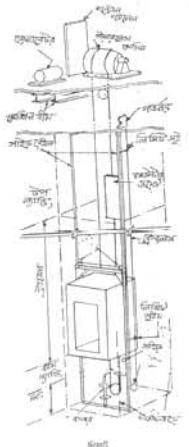
বৈদ্যুতিক লিফটের ব্যবহার নিম্নরূপ -

- (ক) শপিং মলে ওঠা-নামার জন্য লিফট ব্যবহৃত হয়।
- (খ) উচ্চ ভবনে ওঠা-নামার জন্য লিফট ব্যবহৃত হয়।
- (গ) আবাসিক বহুতলবিশিষ্ট ভবনে ওঠা-নামার জন্য লিফট ব্যবহৃত হয়।
- (ঘ) আধুনিক আবাসিক হোটেলে আহরণে জন্য লিফট ব্যবহৃত হয়।
- (ঙ) বিভাগীয় শহরের বিভিন্ন ব্যাংক লোকজনের চলাফেরার জন্য লিফট ব্যবহৃত হয়।
- (চ) বিভিন্ন বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠান মালামাল, আসবাবপত্র, যন্ত্রপাতি উঠানো-নামানোর জন্য লিফট ব্যবহৃত হয়।

১৮.৩ বৈদ্যুতিক লিফটের বিভিন্ন যন্ত্রাংশের তালিকা

বৈদ্যুতিক লিফটের বিভিন্ন যন্ত্রাংশের তালিকা নিম্নে দেয়া হলো। যথা -

- (ক) কন্ট্রোল প্যানেল: লিফটের যাবতীয় অপারেশন এবং নিয়ন্ত্রণের কাজ এখান থেকে সম্পন্ন হয়।
- (খ) ফিল্ড কন্ট্রোলড জেনারেটর: ডিসি মোটরে সরবরাহ দেয়ার জন্য ব্যবহৃত হয়। এ জেনারেটরের ফিল্ডকে নিয়ন্ত্রণ করে ই.এম.এফ.-কে নিয়ন্ত্রণ করা হয়।
- (গ) মেশিন রিম: এটি লিফটের জন্য কাঠামো এবং সাপোর্ট বিশেষ।
- (ঘ) গাইড রেলস: গাইড রেলসের মাধ্যমে লিফট প্রকোষ্ঠ উল্লম্বভাবে ঠিকমতো ওঠা-নামা করতে পারে।
- (ঙ) গাইড সু: গাইড সু, প্রকোষ্ঠের ফ্রেম এবং কাউন্টার ওয়েটের সাথে সংযুক্ত থাকে যা গাইড রেলকে ফিট করা থাকে।
- (চ) কমপেনসেশন ক্যাবল: এ ক্যাবলগুলো প্রকোষ্ঠের নিচের দিকে এবং কাউন্টার ওয়েটের সাথে আটকানো থাকে যা উত্তোলনকারী ক্যাবলের ওজনের জন্য ব্যবহৃত হয়। ভ্রমণপথ ১০০ হতে ৪০০ ফুট পর্যন্ত হলে এ ক্যাবল ব্যবহার করা হয়। যদি ভ্রমণপথ ৪০০ ফুটের অধিক হয় তবে এ ক্যাবলগুলো চেইনের হয়ে থাকে।



- (ছ) বাফার: প্রকোষ্ঠ এবং কাউন্টার ওয়েটের সর্বনিম্নে গঠনের সময় যে সংঘাত হয় তা শোষণ করে।
- (জ) সেকেন্ডারি সীভ: কাউন্টার ওয়েটকে সঠিক পথে চলাচলের জন্য এবং একে উভয়দিকে জড়ানোর প্রবণতা রোধ করার জন্য ব্যবহৃত হয়।
- (ঝ) গভর্নর: প্রকোষ্ঠ এবং কাউন্টার ওয়েটকে জরুরি প্রয়োজনে এবং নিরাপত্তার জন্য থামানোর কাজে ব্যবহৃত হয়।
- (ঞ) লিমিট সুইচ: এগুলো স্বয়ংক্রিয় সুইচ, যখন অপারেটিং ডিভাইস ব্যতীত প্রকোষ্ঠ নিজে নিজে অতিরিক্ত পথ গমন করার চেষ্টা করে তখন এ সুইচগুলো সক্রিয় হয়ে ওঠে এবং প্রকোষ্ঠের গমন বন্ধ করে।
- (ট) অপারেটিং ডিভাইস: লিফটকে পরিচালনা এবং নিয়ন্ত্রণের জন্য এ ডিভাইসগুলো ব্যবহৃত হয়। যেমন: বিভিন্ন পুশ বাটন সুইচ, লিভার ইত্যাদি।
- (ঠ) ক্যাবল: এটি খেইবিশিষ্ট স্টীলের রশি যা সাপোর্টিং প্রকোষ্ঠ এবং কাউন্টার ওয়েটের সাথে লাগানো থাকে।
- (ড) টেনসন সীভ: এটি গভর্নরের স্থায়িত্ব বৃদ্ধি করে।
- (ঢ) হোয়েস্ট ওয়ে: এটি একটি উল্লম্ব পথ যার উপর দিয়ে প্রকোষ্ঠ উপরে-নিচে যাতায়াত করে।
- (ণ) প্রকোষ্ঠ: মানুষ, মালামাল ইত্যাদি এ প্রকোষ্ঠের মাধ্যমে উপরে-নিচে বহন করা হয়।
- (ত) কাউন্টার ওয়েট: এটি কাজের ওজনের ভারসাম্য রক্ষা করে এবং ওজন প্রকোষ্ঠ এবং এর ক্যাপাসিটির ওজনের প্রায় ৪০% হয়।
- (থ) প্রকোষ্ঠ ফ্রেম: এটি একটি স্টীলের কাঠামো, যার সাথে প্ল্যাটফর্ম, উপর ও নিচের গাইড সু সেট, হোয়েস্ট ক্যাবল ইত্যাদি আটকানো থাকে।

অনুশীলনী-১৮

অতি সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। লিফট কী?
- ২। ব্যবহারিক ক্ষেত্রে কী কী ধরনের লিফট আছে?
- ৩। যাত্রীবাহী লিফট স্থাপনের জন্য কী কী বিষয় বিবেচনা করা হয়?
- ৪। লিফটে কী ধরনের মোটর ব্যবহার করা হয়?
- ৫। লিফটে কাউন্টার ওয়েটের কাজ কী?
- ৬। লিফটে গভর্নরের কাজ কী?
- ৭। লিফটে লিমিট সুইচের কাজ কী?
- ৮। লিফটে কোনো ধরনের মোটর বেশি ব্যবহৃত হয়?
- ৯। লিফটে কন্ট্রোল প্যানেলের কাজ কী?

সংক্ষিপ্ত প্রশ্ন

- ১। বৈদ্যুতিক লিফটের ব্যবহার উল্লেখ কর।

রচনামূলক প্রশ্ন

- ১। লিফটে ব্যবহৃত যন্ত্রাংশের বর্ণনা দাও।

জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১
২য় পত্র

ব্যবহারিক অংশ

দশম শ্রেণি

জব নং-১

জবের নাম: বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক বাত্ব শনাক্ত ও সংযোগকরণ।

তথ্য: যে ডিভাইসের ফিলামেন্টের মধ্যে এসি সরবরাহ দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত করলে অন্ধকার জায়গা আলোকিত হয়, তাকে বৈদ্যুতিক বাত্ব বলে। বাসাবাড়িতে বিভিন্ন কাজে বৈদ্যুতিক বাতি ব্যবহার করা হয়।

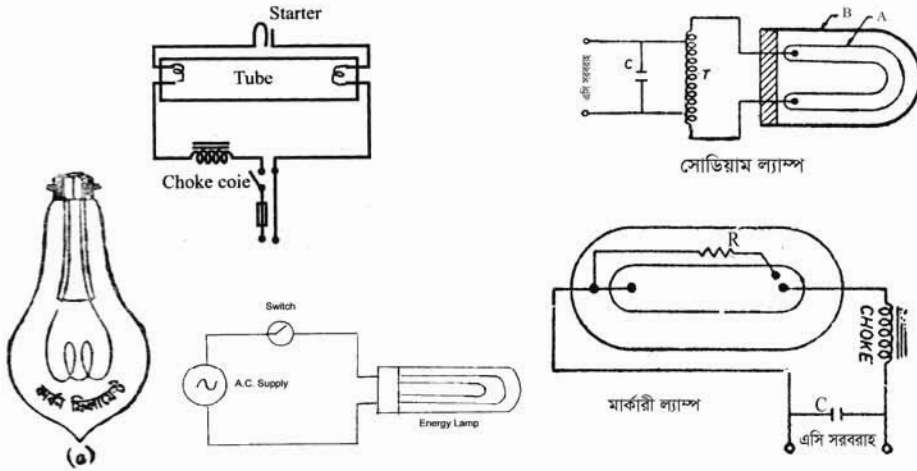
উদ্দেশ্য:

১. বিভিন্ন ল্যাম্প শনাক্ত করার দক্ষতা অর্জন করা।
২. বিভিন্ন ল্যাম্প সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. বাতির ব্যবহার সম্পর্কে জ্ঞান অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কন্টিনেশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট ড্রাইভার, বিভিন্ন ধরনের বাত্ব, বিভিন্ন ধরনের হোল্ডার, প্রয়োজনীয় তার পরিমাণ মতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টার ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করে কাজের টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. শ্রেণি শিক্ষকের নির্দেশ মোতাবেক বিভিন্ন বাতির সংযোগ চিত্র অনুযায়ী তৈরি করতে হবে।
৩. প্রতিটি বাতি সংযোগ করার পর শ্রেণি শিক্ষককে দেখাতে হবে।
৪. শ্রেণি শিক্ষক সংযোগ দেখার পর সার্কিটে এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৫. প্রতিটি বাতির বৈশিষ্ট্য পর্যবেক্ষণ করতে হবে।
৬. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টার ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।
৭. ওয়ার্কিং টেবিল পরিষ্কার করতে হবে।

সাবধানতা:

১. বাতিগুলো সাবধানে ব্যবহার করতে হবে।
২. সংযোগগুলো চিত্র অনুযায়ী তৈরি করতে হবে।

মন্তব্য: বিভিন্ন বাতির সংযোগ ও ব্যবহার সম্পর্কে শিক্ষার্থীরা জ্ঞানলাভের মাধ্যমে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-২

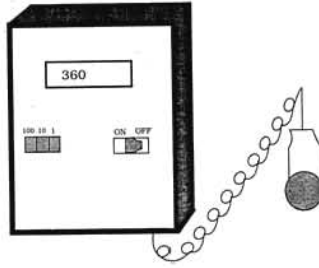
জবের নাম: লাক্স মিটারের সাহায্যে সাধারণ শ্রেণি কক্ষের ইলুমিনেশন নির্ণয়।

তত্ত্ব: কোনো তল বা সারফেসে প্রতি একক ক্ষেত্রফলের উপর ষতটুকু আলোকশক্তি এসে পড়ে তাকে ইলুমিনেশন বলে। ইলুমিনেশন নির্ণয় করার জন্য লাক্স মিটার ব্যবহার করা হয়।

উদ্দেশ্য:

১. লাক্স মিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. লাক্স মিটারের সাহায্যে শ্রেণি কক্ষের বিভিন্ন স্থানের ইলুমিনেশন নির্ণয় করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ: ডিজিটাল লাক্স মিটার।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:**ডাটা টেবিল**

স্থান	ইলুমিনেশনের পরিমাণ	মন্তব্য

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করে কাজের টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. শ্রেণি শিক্ষকের নির্দেশ মোতাবেক লাক্স মিটারের পুশ সুইচ চালু করে শ্রেণি কক্ষের বিভিন্ন স্থানের ইলুমিনেশন নির্ণয় করতে হবে।
৩. কাজ শেষে ওয়ার্কিং টেবিল পরিষ্কার করে প্রয়োজনীয় মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. লাক্স মিটারটি সাবধানে ব্যবহার করতে হবে।
২. পাঠ অবশ্যই সঠিকভাবে নিতে হবে।
৩. কাজ শেষে মিটারটির সুইচ বন্ধ করতে হবে।

মন্তব্য: শ্রেণি কক্ষের বিভিন্ন স্থানের ইলুমিনেশন নির্ণয় করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-৩

জবের নাম: তিন ফেজ স্টার সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাইকরণ, ভোল্টেজ ও পাওয়ার পরিমাপকরণ।

তত্ত্ব: তিন ফেজ অস্টারনেটরের তিনটি ওয়াইভিং বা কয়েল থাকে। প্রতিটি কয়েলের একটি শুরু ও একটি শেষ প্রান্ত থাকে। তিন ফেজ অস্টারনেটরের তিনটি কয়েলের শুরু প্রান্ত যদি একটি নির্দিষ্ট বিন্দুতে সংযোগ করে এবং অপর তিনটি প্রান্ত সরবরাহ লাইনের সাথে 120° দূরত্বে রাখা হয় তবে তাকে তিন ফেজ স্টার সংযোগ বলে। স্টার সংযোগের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো -

(ক) তিন ফেজ স্টার সংযোগে সংযোজিত সার্কিটের লাইন ভোল্টেজ হবে, ফেজ ভোল্টেজের $\sqrt{3}$ গুণ বেশি অর্থাৎ,

$$V_L = \sqrt{3}V_P.$$

(খ) তিন ফেজ স্টার সংযোগে সংযোজিত সার্কিটের লাইন কারেন্ট হবে, ফেজ কারেন্টের সমান। অর্থাৎ, $I_L = I_P$.

(গ) স্টার সার্কিটের পাওয়ার, $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$.

উদ্দেশ্য:

(ক) অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার সাথে পরিচিত হওয়া।

(খ) স্টার সার্কিট তৈরি করার দক্ষতা অর্জন করা।

(গ) স্টার সার্কিটের লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

(ঘ) স্টার সার্কিটের লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

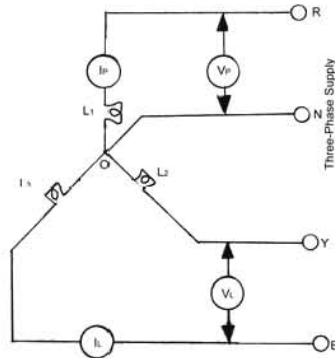
(ঙ) সার্কিটের পাওয়ার পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

(চ) বৈশিষ্ট্য যাচাই করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কমিশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্রাট জু ড্রাইভার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, এসি ভোল্টমিটার (0-500v), এসি অ্যামিটার (0-5v), প্রয়োজনমতো ফ্রেজিবল তার 23/076", বাব 230v, 100w, পেনডেন্ট হোল্ডার 250v, 5A, তিন ফেজ সিলেক্টর সুইচ 500v, 15A।

সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী অ্যামিটার, ভোল্টমিটার ও পেনডেন্ট হোল্ডার সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. অ্যামিটারগুলোকে লাইনের সাথে সিরিজে ও ভোল্টমিটারগুলোকে লোডের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৫. বাব্বগুলোকে হোল্ডারে পড়াতে হবে।
৬. R, Y ও B লাইনের সাথে তিন ফেজ সিলেক্টর সুইচ সংযোগ করতে হবে।
৭. সার্কিটে এসি সরবরাহ দিয়ে সিলেক্টর সুইচ অন করে লাইন ভোল্টেজ, ফেজ ভোল্টেজ লাইন কারেন্ট, ফেজ কারেন্ট এবং ওয়াট মিটারের পাঠ খাতায় লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৮. সার্কিট সংযোগ খুলে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

ডাটা টেবিল

Sl. No	V_L	V_P	$V_L = \sqrt{3}V_p$	I_L	I_p	$I_L = I_p$	$\cos \theta$	$P = \sqrt{3}V_L I_L \cos \theta$	মন্তব্য
1	440 V	231 V	400 V	2A	2A	2A	1		

সাবধানতা:

১. সংযোগস্থল ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
২. মিটারগুলো সঠিকভাবে সংযোগ করতে হবে।
৩. সঠিক পাঠ নিতে হবে।
৪. বাব্বগুলো সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে, যাতে ভেঙ্গে না যায়।

মন্তব্য: তিন ফেজ স্টার সংযোগের বৈশিষ্ট্য যাচাই করে দক্ষতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-৪

জবের নাম: তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগের সাহায্যে কারেন্ট, ভোল্টেজ ও পাওয়ার নির্ণয়করণ।

তত্ত্ব: একটি তিন ফেজ অস্টারনেটরের তিনটি কয়েলের প্রথম প্রান্তটির শেষ প্রান্ত দ্বিতীয়টির শুরু প্রান্তের সাথে, দ্বিতীয়টির শেষ প্রান্ত তৃতীয়টির শুরু প্রান্তের সাথে এবং তৃতীয়টির শেষ প্রান্ত প্রথমটির শুরু প্রান্তের সাথে সংযোগ করে 120° দূরত্বে অবস্থান করে তবে তাকে তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগ বলে। ডেল্টা সংযোগের বৈশিষ্ট্যগুলো হলো:

(ক) তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগে সংযোজিত সার্কিটের লাইন ভোল্টেজ হবে, ফেজ ভোল্টেজের সমান অর্থাৎ,
 $V_L = V_P$.

(খ) তিন ফেজ ডেল্টা সংযোগে সংযোজিত সার্কিটের লাইন কারেন্ট হবে, ফেজ কারেন্টের $\sqrt{3}$ গুণ বেশি। অর্থাৎ,
 $I_L = \sqrt{3}I_P$.

(গ) ডেল্টা সার্কিটের পাওয়ার, $P = \sqrt{3}V_L I_L \cos\theta$.

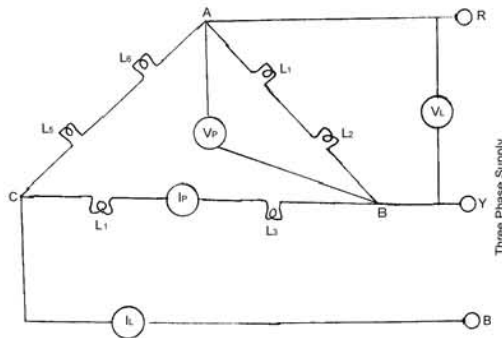
উদ্দেশ্য:

১. অ্যামিটার, ভোল্টমিটার সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ডেল্টা সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. ডেল্টা সার্কিটের লাইন ভোল্টেজ ও ফেজ ভোল্টেজ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৪. ডেল্টা সার্কিটের লাইন কারেন্ট ও ফেজ কারেন্ট পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৫. ডেল্টা সার্কিটের পাওয়ার পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৬. ডেল্টা সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাইকরণ।

প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও মালামাল:

কমিশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট জু ড্রাইভার, এসি ভোল্টমিটার (0-500v), এসি অ্যামিটার (0-5A), ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, ফ্লেক্সিবল তার 23/076" প্রয়োজনমতো, বাস 250v, 100w, পেনডেন্ট হোন্ডার, তিন ফেজ সিলেক্টর সুইচ 500v, 15A।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



ডাটা টেবিল

Sl. No	V_L	V_P	$V_L = V_P$	I_L	I_P	$I_L = \sqrt{3} I_P$	$\cos \theta$	$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta$
1	440V	400 V	400 V	3.46A	2A	3.46	1	2397.15W

পাওয়ার হিসাব:

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \cos \theta = \sqrt{3} \times 400 \times 3.46 \times 1 = 2397.15W$$

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী অ্যামিটার, ভোল্টমিটার ও পেনডেন্ট হোল্ডার সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. পেনডেন্ট হোল্ডারগুলোতে বৈদ্যুতিক বাস লাগাতে হবে।
৫. অ্যামিটার লাইনের সাথে সিরিজে ও ভোল্টমিটার লাইনের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৬. R, Y ও B এসি লাইনের সাথে তিন ফেজ সিলেক্টর সুইচ সংযোগ করতে হবে।
৭. সিলেক্টর সুইচ অন করে লাইন ভোল্টেজ, ফেজ ভোল্টেজ, লাইন কারেন্ট, ফেজ কারেন্ট ও পাওয়ার পরিমাপ করে এর মান লিপিবদ্ধ করতে হবে।
৮. সার্কিটের সংযোগস্থল খুলে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. সংযোগস্থল ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
২. মিটারগুলো সঠিকভাবে সংযোগ করতে হবে। যাতে কোনো ত্রুটি না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।
৩. নিখুঁতভাবে সঠিক পাঠ নিতে হবে।
৪. বাসগুলো সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে, যাতে ভেঙ্গে না যায়।

মন্তব্য: তিন ফেজ ডেল্টা সার্কিটের বৈশিষ্ট্য যাচাই করে দক্ষতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-৫

জবের নাম: ডিসি জেনারেটর সংযোগ করে ভোল্টেজ উৎপাদন এবং লোডে সরবরাহকরণ।

তথ্য: যে যন্ত্র যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে, তাকে জেনারেটর বলে। যে যন্ত্র যান্ত্রিক শক্তিকে ডিসি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে, তাকে ডিসি জেনারেটর বলে।

(ক) যে ডিসি জেনারেটরের ফিল্ড কয়েল আর্মচারের সাথে সিরিজে সংযোগ থাকে, তাকে ডিসি সিরিজ জেনারেটর বলে।

(খ) যে ডিসি জেনারেটরের ফিল্ড কয়েল আর্মচারের সাথে প্যারালালে সংযোগ থাকে, তাকে ডিসি শাট জেনারেটর বলে।

(গ) যে ডিসি জেনারেটরের সিরিজ কয়েল আর্মচারের সাথে সিরিজ এবং ফিল্ড কয়েল আর্মচারের সাথে প্যারালালে সংযোগ করা হয়, তাকে ডিসি কম্পাউন্ড জেনারেটর বলে।

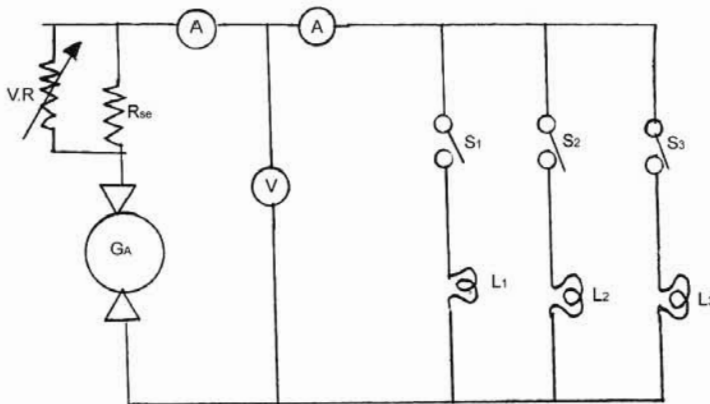
উদ্দেশ্য:

১. অ্যামিটার, ভোল্টমিটার ও ডিসি সিরিজ জেনারেটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ডিসি জেনারেটর সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. ডিসি শাট জেনারেটর সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৪. ডিসি কম্পাউন্ড জেনারেটর সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।
৫. বিভিন্ন ডিসি জেনারেটর সংযোগ করে ভোল্টেজ উৎপাদন এবং লোডে সরবরাহ দেয়ার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কন্ট্রোল প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, অ্যামিটার, ভোল্টমিটার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট জু ড্রাইভার, ডিসি সিরিজ জেনারেটর, বৈদ্যুতিক বাস, পেগেট হোল্ডার, টাফলার সুইচ, প্রয়োজনমতো ফ্রেজিবল তার।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:

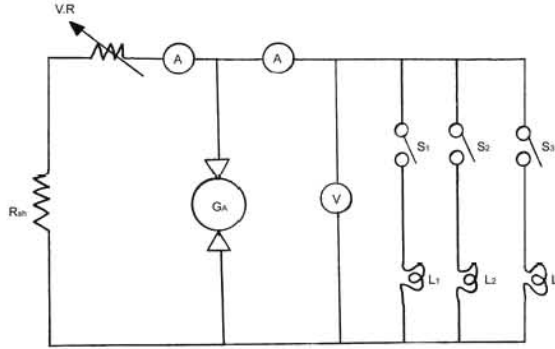


ডিসি সিরিজ জেনারেটরের পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও জিনিসপত্র সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।

২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. ডিসি সিরিজ জেনারেটরের A_1 ও A_2 টার্মিনালদ্বয় শনাক্ত করতে হবে।
৪. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ডিসি সিরিজ জেনারেটর, অ্যামিটার, ভোল্টমিটার এবং পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করে লোড যুক্ত করতে হবে।
৫. ডিসি সিরিজ জেনারেটরের সাথে সিরিজ কয়েল সিরিজে সংযোগ করতে হবে।
৬. জেনারেটর চালু করে নো-লোড অবস্থায় ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারের পাঠ নিতে হবে।
৭. লোড দিয়ে পরিবর্তনশীল রেজিস্ট্যান্সের মান পরিবর্তন করে পুনরায় ভোল্টমিটার ও অ্যামিটারের পাঠ নিতে হবে।
৮. কাজ শেষে সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:

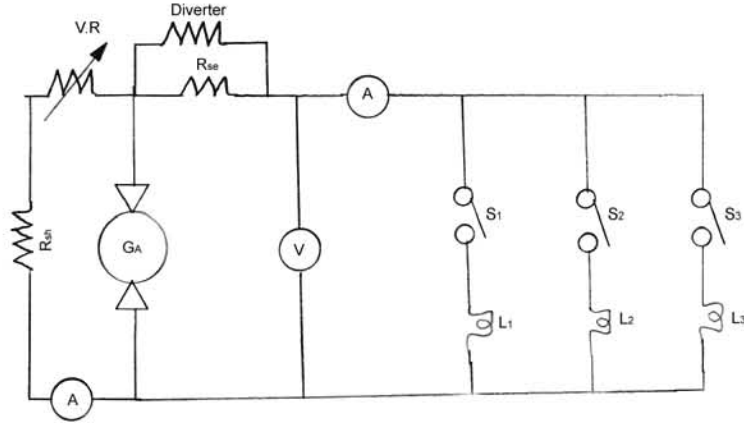


ডিসি শাণ্ট জেনারেটরের পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও জিনিসপত্র সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. ডিসি শাণ্ট জেনারেটরের A_1 ও A_2 টার্মিনালদ্বয় শনাক্ত করতে হবে।
৪. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী শাণ্ট জেনারেটর, অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার সংযোগ করে লোড যুক্ত করতে হবে।
৫. শাণ্ট ফিল্ড শাণ্ট জেনারেটরের সাথে প্যারালালে সংযোগ করতে হবে।
৬. ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স শাণ্ট ফীল্ডের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।
৭. শাণ্ট ফীল্ডের সংযোগ উল্টো হলে কোনো ভোল্টেজ উৎপন্ন হবে না। সেক্ষেত্রে শাণ্ট ফীল্ডের সংযোগ উল্টিয়ে দিতে হবে।
৮. প্রাইমমুভারের সাহায্যে শাণ্ট জেনারেটর চালু করে আস্তে আস্তে V.R-এর মান বাড়িয়ে নো-লোড ভোল্টেজ বাড়াতে হবে এবং I_f কারেন্টও বৃদ্ধি পাবে।
৯. শাণ্ট জেনারেটর পূর্ণ বেগে চলার পর ভোল্টেজ উৎপাদন হলে আস্তে আস্তে লোডের সুইচ অন করে লোড বাড়াতে থাকলে ভোল্টেজ কমতে থাকবে। কিন্তু I_L কারেন্ট বৃদ্ধি পেতে থাকবে।

১০. কাজ শেষে সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



ডিসি কম্পাউন্ড

জেনারেটরের পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও জিনিসপত্র সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. ডিসি কম্পাউন্ড জেনারেটরের টার্মিনাল A_1 ও A_2 শনাক্ত করতে হবে।
৪. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ডিসি কম্পাউন্ড জেনারেটর, শাফ্ট কয়েল, সিরিজ কয়েল, ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স এবং ডাইভার্টার সংযোগ করতে হবে।
৫. ডিসি কম্পাউন্ড জেনারেটর চালু করে নো-লোড অবস্থায় ভোল্টেজ এবং কারেন্ট পরিমাপ করি। যদি ভোল্টেজ উৎপন্ন না হয় তাহলে বুঝতে হবে ফিল্ড বা আর্মচারের সংযোগ উল্টো হয়েছে। সেক্ষেত্রে আর্মচার বা ফিল্ড কয়েল ঠিক করে দিতে হবে।
৬. লোডযুক্ত অবস্থায় ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স পরিবর্তন করে ভোল্টেজ এবং কারেন্ট পরিমাপ করতে হবে।
৭. কাজ শেষে সংযোগ খুলে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

ডাটা টেবিল

Sl. No.	I_{sc}	V_L
1	0 A	10 V
2	0.1 A	21 V
3	0.5 A	25 V
4	1.6 A	65 V
5	4.1 A	158 V
6	5.1 A	172 V
7	6.2 A	184 V

ডাটা টেবিল (নো-লোড অবস্থায়)

পাঠ সংখ্যা	১ম	২য়	৩য়	৪র্থ	৫ম	৬ষ্ঠ	৭ম
I_f	0	.02	.31	.38	.60	.69	.70
V_g	0	22	138	150	216	226	238

ডাটা টেবিল (লোডযুক্ত অবস্থায়)

পাঠ সংখ্যা	১ম	২য়	৩য়	৪র্থ	৫ম	৬ষ্ঠ	৭ম
I_L	0	.48	1.25	2	2.85	3.2	3.76
V_t	230	224	218	212	208	206	200

ডাটা টেবিল (লোডযুক্ত অবস্থায়)

পাঠ সংখ্যা	১ম	২য়	৩য়	৪র্থ	৫ম	৬ষ্ঠ	৭ম
I_L							
V_t							

সিরিজ জেনারেটরের সাবধানতা:

১. সিরিজ জেনারেটর চিত্রানুযায়ী সংযোগ করতে হবে। তা না হলে সংযোগ ভুল হলে জেনারেটরের কয়েল পুড়ে যেতে পারে।
২. ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্সের রেঞ্জ শূন্য মানে রাখতে হবে।
৩. সিরিজ কয়েল জেনারেটরের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।
৪. সিরিজ কয়েলে আড়াআড়িতে ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স সংযোগ করতে হবে।
৫. কানেকশনগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
৬. গ্রাফ অঙ্কনের সময় ভোল্টেজ ও কারেন্টের মান নিম্ন হতে উচ্চ মানে নিতে হবে।
৭. বাত্বগুলো সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে যাতে ভেঙ্গে না যায়।

শাণ্ট জেনারেটরের সাবধানতা:

১. শাণ্ট জেনারেটর চিত্রানুযায়ী সংযোগ করতে হবে। তা না হলে সংযোগ ভুল হলে জেনারেটরের কয়েল পুড়ে যাবার সম্ভাবনা থাকবে।
২. ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্সের রেঞ্জ শূন্য মানে রাখতে হবে।
৩. শাণ্ট ফিল্ড আর্মেচারের সাথে প্যারাললে সংযোগ করতে হবে।
৪. সংযোগস্থলগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
৫. বাত্বগুলো সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে যাতে ভেঙ্গে না যায়।

কম্পাউন্ড জেনারেটরের সাবধানতা:

১. কম্পাউন্ড জেনারেটরের পোলারিটি ঠিক করে সংযোগ করতে হবে।
২. শান্ট কয়েল জেনারেটরের সাথে প্যারাললে এবং সিরিজ কয়েল জেনারেটরের সাথে সিরিজে সংযোগ করতে হবে।
৩. সিরিজ কয়েলে আড়াআড়ি ডাইভার্টার সংযোগ করতে হবে।
৪. সংযোগগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
৫. ব্যবহারের সময় বাত্বগুলো যাতে ভেঙ্গে না যায় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।

মন্তব্য: একটি ডিসি সিরিজ জেনারেটর/শান্ট জেনারেটর/কম্পাউন্ড জেনারেটর সংযোগ করে ভোল্টেজ উৎপাদন এবং লোডে সরবরাহ করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করা যাবে।

বডির সাথে অ্যাভোমিটারের নেগেটিভ প্রান্ত সংযোগ করে যদি অ্যাভোমিটারে পাঠ দেয় তবে কয়েলটি বডির সাথে শর্ট আছে।

৫. টার্মিনাল বক্সের এক প্রান্তে ওহমমিটারের পজেটিভ টার্মিনাল ও বডির অপর প্রান্ত সংযোগ করলে যদি মিটারে পাঠ দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর বডি শর্ট। আর যদি পাঠ না দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর বডি শর্ট নেই।
৬. ডিসি জেনারেটরের রোটর সার্কিটের দুই টার্মিনালে অ্যাভোমিটার ধরলে যদি পাঠ দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর বা ফিল্ড সার্কিট ঠিক আছে। আর যদি পাঠ না দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর সার্কিট ওপেন বা ফিল্ড কয়েল কাটা।
৭. স্টেটর কয়েলের প্রতি দুই প্রান্তে অ্যাভোমিটার ধরলে যদি পাঠ দেয় তবে বুঝতে হবে কয়েল ঠিক আছে। আর যদি পাঠ না দেয় তবে কয়েলে ওপেন সার্কিট ফল্ট বা কয়েল কাটা।
৮. এভাবে প্রতিটি কয়েলে অ্যাভোমিটার দ্বারা কন্টিনিউটি টেস্ট ও ওপেন সার্কিট ফল্ট নির্ণয় করতে হবে।
৯. অনুরূপভাবে প্রতিটি কয়েল পরীক্ষা করে ত্রুটিযুক্ত কয়েল শনাক্ত করতে হবে।
১০. অল্টারনেটর / ডিসি জেনারেটরের ত্রুটি শনাক্ত করে ত্রুটিযুক্ত করে চিহ্নিত করতে হবে।
১১. টেস্ট ল্যাম্প অথবা মেগারের সাহায্যে উক্ত ফল্টগুলো নির্ণয় করতে হবে।
১২. ডিসি জেনারেটরের রোটরকে হাত দ্বারা আশে আশে ঘুরিয়ে বিয়ারিং ও শ্যাফট জ্যাম আছে কী-না নির্ণয় করতে হবে।
১৩. ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করতে হবে।
১৪. সমস্ত ত্রুটি দূর করার পর কাজ শেষ করতে হবে।
১৫. কাজ শেষে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. ডিসি জেনারেটরের অ্যান্ড কভার, টার্মিনাল বক্স, শ্যাফট ইত্যাদি সতর্কতার সাথে খুলতে হবে। যাতে কোনো ক্ষতি না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।
২. শর্ট সার্কিট, ওপেন সার্কিট ও গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয়ের সময় টেস্ট ল্যাম্পটি সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে। অন্যথায় দুর্ঘটনা ঘটতে পারে।
৩. অ্যাভোমিটার সিলেক্টর নব ওহম (Ω) স্কেলে রেখে ব্যবহার করতে হবে।

মন্তব্য: ডিসি জেনারেটরের বিভিন্ন ফল্ট নির্ণয় এবং ফল্ট দূর করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-৭

জবের নাম: এসি সিঙ্গেল ফেজ জেনারেটর সংযোগ দিয়ে চালু করে ভোল্টেজ উৎপাদন।

তত্ত্ব: যে যন্ত্র যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে, তাকে জেনারেটর বলে। যে জেনারেটরের সাহায্যে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দেয়া হয়, তাকে সিঙ্গেল ফেজ এসি জেনারেটর বলে।

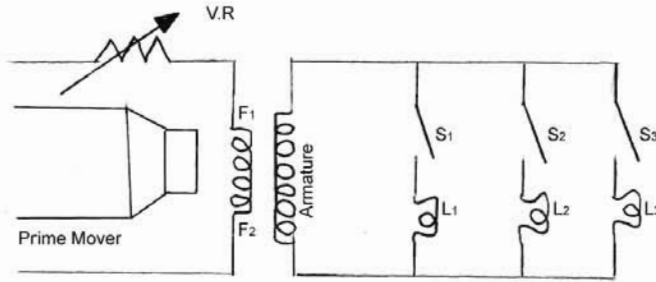
উদ্দেশ্য:

১. এসি সিঙ্গেল ফেজ জেনারেটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. এসি সিঙ্গেল ফেজ জেনারেটর সংযোগ দিয়ে চালু করে ভোল্টেজ উৎপাদন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কমিশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, অ্যামিটার, ভোল্টমিটার, সিঙ্গেল ফেজ এসি জেনারেটর, প্রাইমমুভার হিসেবে ডিসি মোটর, কাপলিং করার শ্যাফট, বৈদ্যুতিক বাব 250V, 60W, পেনডেন্ট হোল্ডার 250V, 6A, টাংলার সুইচ 250V, 6A, ফ্রেজিবল তার 23/0.076" পরিমাণমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পরীক্ষামূলক কার্যধারা:

১. স্টোর হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. প্রাইমমুভার হিসেবে ডিসি মোটর এসি জেনারেটরের সাথে কাপলিং করতে হবে।
৫. প্রাইমমুভার চালু করে জেনারেটরের ফিল্ডকে ঘুরানো হয় এবং ফিল্ড কয়েলে ডিসি সাপ্লাই দেয়া হয়। ফীল্ডে ভ্যারিয়েবলের মাধ্যমে ফিল্ড কারেন্ট ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করে পূর্ণ ভোল্টেজ উৎপাদন করবে।
৬. লোডের সুইচ অন করে লোড বৃদ্ধি করতে হবে।
৭. ক্রমাগতভাবে লোড কমানো এবং ফিল্ড কারেন্ট কমাতে হবে।
৮. লোড কারেন্ট ও ফিল্ড কারেন্ট শূন্যের কাছাকাছি এনে জেনারেটর বন্ধ করতে হবে।
৯. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. সিঙ্গেল ফেজ এসি জেনারেটরটি চিত্রানুযায়ী সংযোগ করতে হবে। তা না হলে সংযোগ ভুল হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।
২. ভ্যারিয়াকের রেজিস্ট্যান্সের রেঞ্জ শূন্য মানে রাখতে হবে।
৩. সংযোগগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
৪. বাস্তবগুলো সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে।

মন্তব্য: সিঙ্গেল ফেজ এসি জেনারেটরে সংযোগ করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করা যাবে।

অব নং-৮

অবের নাম: ত্রুটিযুক্ত এসি জেনারেটরের ফল্ট নির্ণয়করণ।

তত্ত্ব: যে যন্ত্র যান্ত্রিক শক্তিকে বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে, তাকে জেনারেটর বলে। যে যন্ত্র যান্ত্রিক শক্তিকে এসি বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তর করে, তাকে এসি জেনারেটর বলে। অ্যাভোমিটারের সাহায্যে পরীক্ষা করে এসি জেনারেটরের ফল্ট নির্ণয় করা যায়।

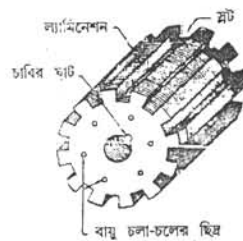
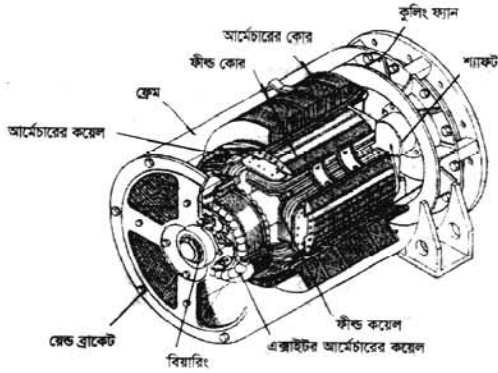
উদ্দেশ্য:

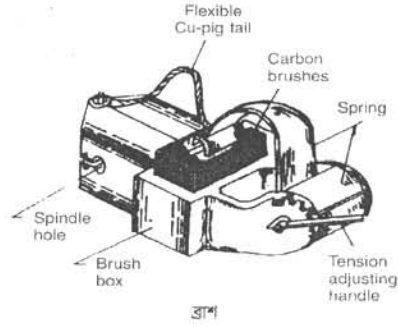
১. এসি জেনারেটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. এসি জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ খোলা এবং সংযোজন করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. এসি জেনারেটরের ফল্ট নির্ণয় করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও মালামাল:

কমিশন প্রায়স, কানেক্টর জু-ড্রাইভার, ফ্রাট জু-ড্রাইভার, কানেকটিং কর্ড পরিমাণমতো, টেস্ট ল্যাম্প, অ্যাভোমিটার, মেগার, ত্রুটিযুক্ত জেনারেটর।

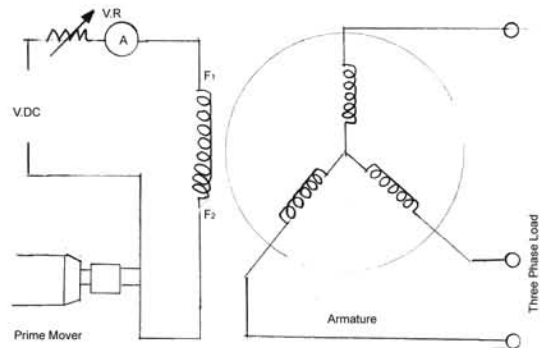
সার্কিট ডায়াগ্রাম:





এসি জেনারেটরের ত্রুটিসমূহের নাম:

১. শর্ট সার্কিট ফল্ট;
২. ওপেন সার্কিট ফল্ট;
৩. অর্থ ফল্ট/থ্রাউন্ড ফল্ট;
৪. ইনসুলেশন টেস্ট;
৫. বিয়ারিং জ্যাম;
৬. শ্যাফট জ্যাম।



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. ত্রুটিযুক্ত জেনারেটর, টেস্ট ল্যাম্প, অ্যাভোমিটার, মেগার, কানেকটিং কর্ড ও প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. অ্যাভোমিটারের সিলেক্ট নব অ্যাডজাস্ট করে নির্দেশক কাঁটা ওহমের স্কেলে রাখতে হবে।
৩. অ্যাভোমিটারের টার্মিনালদ্বয় শর্ট করে ওহমের (Ω) সঠিকতা যাচাই করতে হবে।
৪. এসি জেনারেটরের টার্মিনাল বক্স খুলে কয়েলের এক প্রান্ত অ্যাভোমিটারের পজেটিভ টার্মিনাল ও জেনারেটরের বডির সাথে অ্যাভোমিটারের নেগেটিভ প্রান্ত সংযোগ করে যদি অ্যাভোমিটারে পাঠ দেয় তবে কয়েলটি বডির সাথে শর্ট আছে।
৫. টার্মিনাল বক্সের এক প্রান্তে ওহমমিটারের পজেটিভ টার্মিনাল ও বডির অপর প্রান্ত সংযোগ করলে যদি মিটারে পাঠ দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর বডি শর্ট। আর যদি পাঠ না দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর বডি শর্ট নেই।
৬. এসি জেনারেটরের রোটর সার্কিটের দুই টার্মিনালে অ্যাভোমিটার ধরলে যদি পাঠ দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর বা ফিল্ড সার্কিট ঠিক আছে। আর যদি পাঠ না দেয় তবে বুঝতে হবে রোটর সার্কিট ওপেন বা ফিল্ড কয়েল কাটা।
৭. স্টেটর কয়েলের প্রতি দুই প্রান্তে অ্যাভোমিটার ধরলে যদি পাঠ দেয় তবে বুঝতে হবে কয়েল ঠিক আছে। আর যদি পাঠ না দেয় তবে কয়েলে ওপেন সার্কিট ফল্ট বা কয়েল কাটা।
৮. এভাবে প্রতিটি কয়েলে অ্যাভোমিটার দ্বারা কন্টিনিউটি টেস্ট ও ওপেন সার্কিট ফল্ট নির্ণয় করতে হবে।
৯. অনুরূপভাবে প্রতিটি কয়েল পরীক্ষা করে ত্রুটিযুক্ত কয়েল শনাক্ত করতে হবে।
১০. অস্টারনেটর / এসি জেনারেটরের ত্রুটি শনাক্ত করে ত্রুটিযুক্ত করে চিহ্নিত করতে হবে।
১১. টেস্ট ল্যাম্প অথবা মেগারের সাহায্যে উক্ত ফল্টগুলো নির্ণয় করতে হবে।
১২. জেনারেটরের রোটরকে হাত দ্বারা আন্তে আন্তে ঘুরিয়ে বিয়ারিং ও শ্যাফট জ্যাম আছে কী-না নির্ণয় করতে হবে।
১৩. জেনারেটরের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করতে হবে।
১৪. সমস্ত ত্রুটি দূর করার পর কাজ শেষ করতে হবে।
১৫. কাজ শেষে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. এসি জেনারেটরের এন্ড কভার, টার্মিনাল বক্স, শ্যাফট ইত্যাদি সতর্কতার সাথে খুলতে হবে। যাতে কোনো ক্ষতি না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।
২. শর্ট সার্কিট, ওপেন সার্কিট ও গ্রাউন্ড ফল্ট নির্ণয়ের সময় টেস্ট ল্যাম্পটি সতর্কতার সাথে ব্যবহার করতে হবে। অন্যথায় দুর্ঘটনা ঘটতে পারে।
৩. অ্যাভোমিটার সিলেক্টর নব ওহম (Ω) স্কেলে রেখে ব্যবহার করতে হবে।

মন্তব্য: এসি জেনারেটরের বিভিন্ন ফল্ট নির্ণয় এবং ত্রুটি দূর করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-৯

জবের নাম: ডিসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয়, প্রতিকার ও সংযোগকরণ।

তত্ত্ব: যে যন্ত্রের সাহায্যে ডিসি বৈদ্যুতিক শক্তিকে যান্ত্রিক শক্তিতে রূপান্তর করে তাকে ডিসি মোটর বলে। মাস্টিমিটারের সাহায্যে ডিসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয় করা যায়।

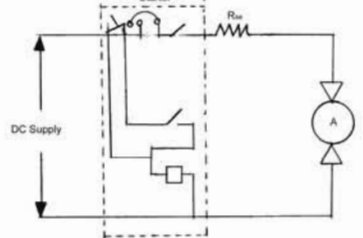
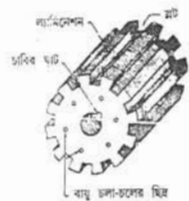
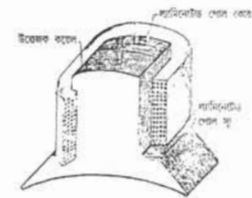
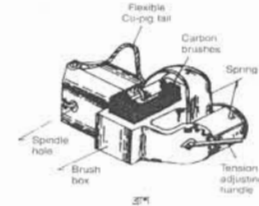
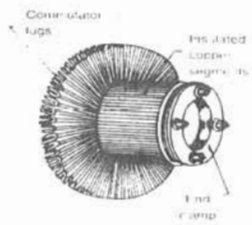
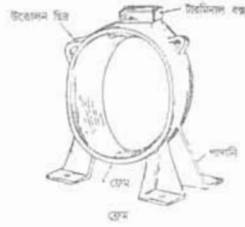
উদ্দেশ্য:

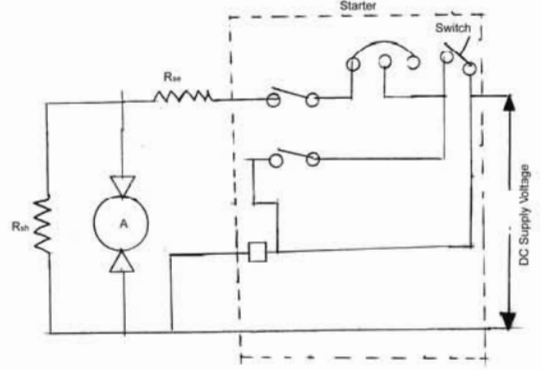
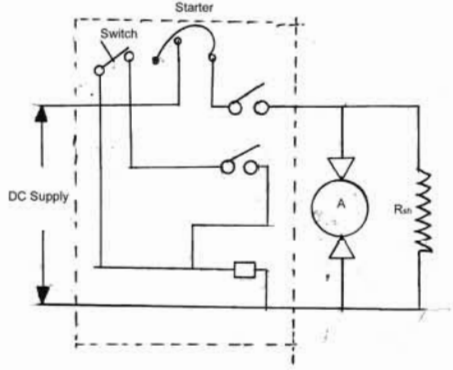
১. ডিসি মোটরের বিভিন্ন ত্রুটি শনাক্ত করার দক্ষতা অর্জন করা।
২. ডিসি মোটরের বিভিন্ন ত্রুটি শনাক্ত করার পর তার প্রতিকার ও দক্ষতা অর্জন করা।
৩. ডিসি মোটর ও স্টার্টারের সাথে পরিচিত হওয়া।
৪. ডিসি মোটর সংযোগ ও চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট জু ড্রাইভার, নিয়ন টেস্টার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, অ্যাডজাস্টাবল রেঞ্জ, মাস্টিমিটার, বলপিন হ্যামার, এলেনকী সেট, ডিসি মোটর ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:





ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	ডিসি ভোল্টেজ	ডিসি কারেন্ট	মন্তব্য

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি, ডিসি মোটর, স্টার্টার ও উপকরণ স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে সংগ্রহ করতে হবে।
২. মাল্টিমিটারের সাহায্যে ডিসি মোটরের বিভিন্ন ত্রুটি চিহ্নিত করতে হবে।
৩. বিভিন্ন ত্রুটি চিহ্নিত করার পর প্রতিকার করতে হবে।
৪. মোটরের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করতে হবে।
৫. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মোটর সংযোগ করতে হবে। সংযোগ ঠিক আছে কী-না তা শ্রেণি শিক্ষককে দেখাতে হবে। তার নির্দেশ অনুযায়ী ডিসি মোটরে ডিসি সংযোগ দিতে হবে।
৬. সার্কিটে ডিসি ভোল্টেজ ও ডিসি কারেন্ট নির্ণয় করতে হবে।
৭. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।
৮. কাজ শেষে ওয়ার্কিং টেবিল পরিষ্কার করতে হবে।

সাবধানতা:

১. ত্রুটি নির্ণয় করার পর মোটরের বিভিন্ন অংশ সাবধানে খুলতে হবে।
২. মোটরের ত্রুটি প্রতিকার করার পর সতর্কতার সাথে মোটর সংযোজন করতে হবে।
৩. সংযোগ সঠিকভাবে দিতে হবে তা না হলে মোটর পুড়ে যাবে।

মন্তব্য: ডিসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয়, প্রতিকার ও সংযোগ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

অব নং-১০

অবের নাম: এসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয়, প্রতিকার ও সংযোগকরণ।

তত্ত্ব: যে মোটর এসি সরবরাহের সাহায্যে চলে তাকে এসি মোটর বলে। বাসাবাড়ি, অফিস-আদালত, কল-কারখানা ও বাণিজ্যিক প্রতিষ্ঠানের দৈনন্দিন কাজে এসি মোটর ব্যবহার করা হয়।

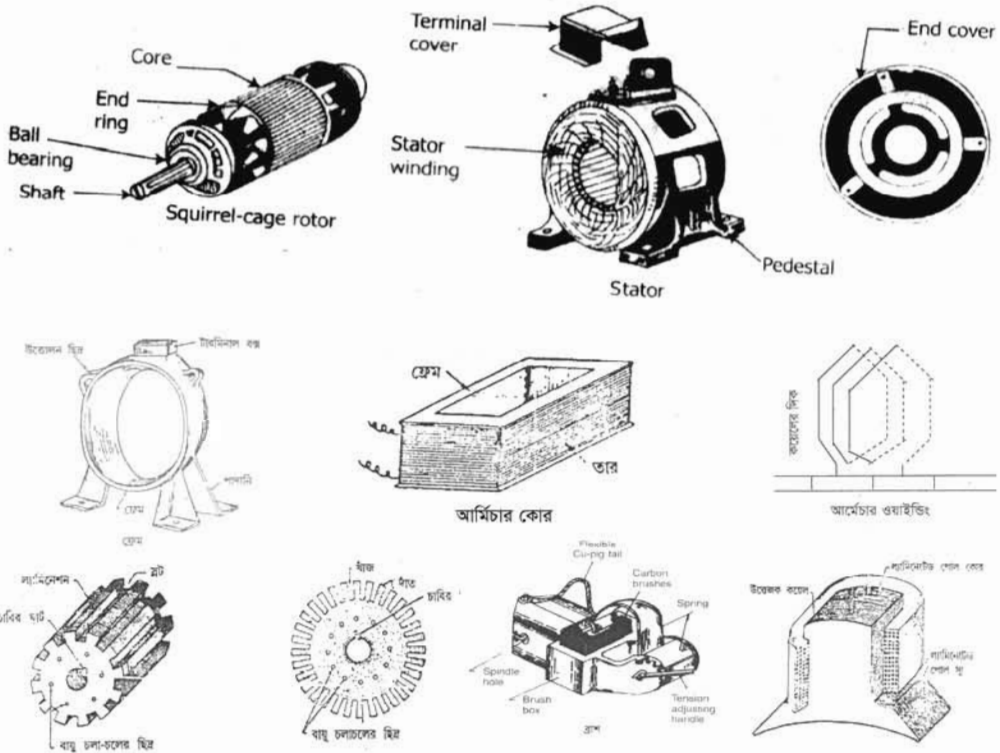
উদ্দেশ্য:

১. এসি মোটরের বিভিন্ন ত্রুটি চিহ্নিত করার দক্ষতা অর্জন করা।
২. এসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয় করে তার প্রতিকার করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. এসি মোটর সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও উপকরণ:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট জু ড্রাইভার, নিয়ন টেস্টার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, অ্যাডজাস্টাবল রেঞ্জ, মাল্টিমিটার, এসি সিঙ্গেল ফেজ মোটর ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	সরবরাহ ভোল্টেজ	কারেন্ট	মন্তব্য

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রথমে স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি, সিঙ্গেল ফেজ মোটর ও উপকরণ সংগ্রহ করে কাজের টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. মাল্টিমিটারের সাহায্যে মোটরের বিভিন্ন ত্রুটি চিহ্নিত করতে হবে।
৩. বিভিন্ন ত্রুটি চিহ্নিত করার পর তার প্রতিকার করতে হবে।
৪. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী মোটর সংযোগ করতে হবে। সংযোগ ঠিক আছে কী-না তা শ্রেণি শিক্ষককে দেখাতে হবে এবং তার নির্দেশ অনুযায়ী এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৫. সার্কিটের ভোল্টেজ ও কারেন্ট পরিমাপ করতে হবে।
৬. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দিতে হবে।
৭. কাজ শেষে ওয়ার্কিং টেবিল পরিষ্কার করতে হবে।

সাবধানতা:

১. সাবধানে মোটরের বিভিন্ন অংশ খুলতে হবে।
২. সতর্কতার সাথে মোটরের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করতে হবে।
৩. সংযোগ সঠিকভাবে দিতে হবে।

মন্তব্য: এসি মোটরের ত্রুটি নির্ণয়, প্রতিকার ও সংযোগ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১১

জবের নাম: D.O.L স্টার্টারের সাথে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে চালুকরণ।

তত্ত্ব: ইন্ডাকশন মোটর চালু করার জন্য যে অতিরিক্ত ভ্যারিয়েবল রেজিস্ট্যান্স ব্যবহার করা হয় তাকে স্টার্টার বলে। এ ধরনের স্টার্টার ডাইরেক্ট চালু করা হয় তবে একে D.O.L স্টার্টার বলে। 1 H.P. হতে 5 H.P. মোটরে D.O.L স্টার্টার ব্যবহার করা হয়।

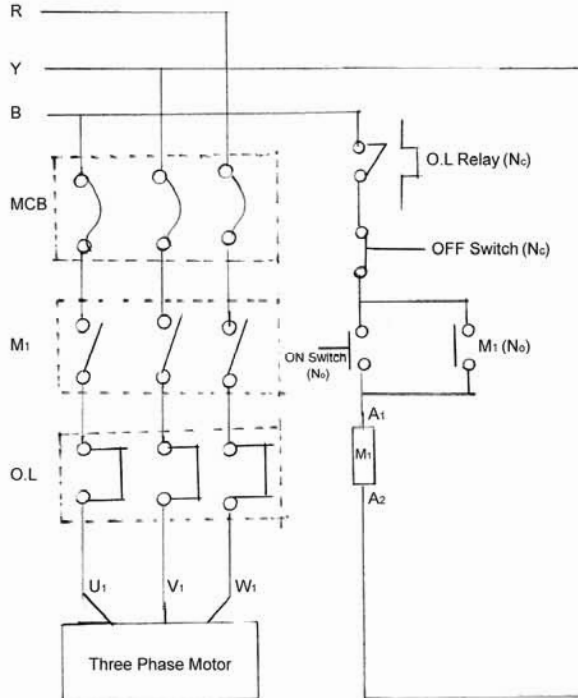
উদ্দেশ্য:

- (১) D.O.L স্টার্টার ও তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
- (২) D.O.L স্টার্টারের সাথে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও মালামাল:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, লং নোজ প্রায়ার্স, কানেক্টর জু ড্রাইভার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, ওয়্যার ট্রিপার, নিয়ন টেস্টার, মিনেচার সার্কিট ব্রেকার 500V, 10A, একটি D.O.L স্টার্টার 500V, 5A, ওভার লোড রিলে 500V, (5-12A), তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর, ওহম মিটার অথবা মেগার, অ্যাডজাস্টেবল রেঞ্জ, ক্যাবল 1x7/.029" পরিমাণমতো, ফ্লাট জু ড্রাইভার।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



এখানে,

R, Y, B	= রেড, ইয়েলো, ব্লু ফেজ তার
M.C.B.	= মিনিচার সার্কিট ব্রেকার
O.L	= ওভার লোড রীলে
O.L(Nc)	= ওভার লোড নরমালি ক্রোজ কন্টাক্ট
Off Switch (Nc)	= অফ সুইচ নরমালি ক্রোজ কন্টাক্ট
On Switch (No)	= অন সুইচ নরমালি ওপেন কন্টাক্ট
M ₁	= মেইন ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর
M ₁ (No)	= ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ওপেন কন্টাক্ট
A ₁ - A ₂	= ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েল কানেকশন

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী D.O.L স্টার্টার, ওভার লোড এবং তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. সার্কিট ব্রেকার অন করে সার্কিটে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৫. অন সুইচ অন করলে মোটরের কয়েলে কারেন্ট প্রবাহিত হবে এবং মোটর চালু হয়ে চলতে থাকবে।
৬. অফ সুইচ অন করলে মোটর বন্ধ হবে এবং সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোরে জমা দিতে হবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	V _L	I _{p1}	I _{p2}	I _{p3}	মন্তব্য
1	440V	3A	3.1A	3.1A	

সাবধানতা:

১. মোটর ও স্টার্টার ঠিক আছে কি-না চেক করতে হবে।
২. মোটরের সরবরাহ ভোল্টেজ অনুযায়ী তিন ফেজ সাপ্লাই দিতে হবে।
৩. সংযোগস্থল ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
৪. মোটরের ভোল্টেজ ও কারেন্ট মিটারের সংযোগের নিয়ম অনুযায়ী ব্যবহার করতে হবে।

মন্তব্য: D.O.L স্টার্টারের সাথে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর চালু করে বাস্তব দক্ষতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১২

জবের নাম: ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাথে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে চালুকরণ।

তথ্য: যে মোটরের স্টার্টার ম্যানুয়েলি প্রথমে স্টার এবং পরে ডেল্টা সংযোগে চালু করা হয় তাকে ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টার বলে। এ স্টার্টার সাধারণত 7.5 H.P. হতে 20 H.P. মোটরে ব্যবহার করা হয়।

উদ্দেশ্য:

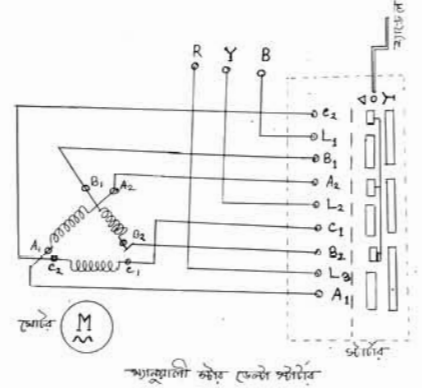
১. ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টার ও তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাথে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কমিশনেশন প্রায়ার্স, লং নোজ প্রায়ার্স, কানেক্টর জু-ড্রাইভার, ফ্ল্যাট জু-ড্রাইভার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, ওয়্যার স্ট্রিপার, নিয়ন টেস্টার, মিনেচার সার্কিট-ব্রেকার 500V, 30A, স্টার-ডেল্টা স্টার্টার 500V, 15A, ওভার লোড রিলে 500V, (12-20A), তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর, ওহম মিটার অথবা মেগার, ভোল্ট মিটার, ক্লিপ অন মিটার, অ্যাডজাস্টেবল রেঞ্জ, ক্যাবল $1 \times 7/0.076$ " পরিমাপমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:

- R, Y, B = রেড, ইয়েলো, ব্লু ফেজ
 A_1, A_2 = ১ম কয়েলের টার্মিনাল এ১ ও এ২
 B_1, B_2 = ২য় কয়েলের টার্মিনাল বি১ ও বি২
 C_1, C_2 = ৩য় কয়েলের টার্মিনাল সি১ ও সি২
 L_1, L_2, L_3 = লাইন টার্মিনালসমূহ



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাথে তিন-ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. সার্কিট ব্রেকার অন করে সার্কিটে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৫. ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের হ্যান্ডেল একবার নিচের দিকে দিতে হবে। এতে মোটর স্টার সংযোগ পেয়ে চালু হবে এবং মোটরটি ফুললোডের কাছাকাছি গতিতে চলার সাথে সাথে হ্যান্ডেলটি উপর দিকে দিলে মোটরটি ডেল্টাতে চলেবে অর্থাৎ ফুললোড গতিতে চলতে থাকবে।
৬. হ্যান্ডেলটি মিডল পজিশনে দিতে হবে। এতে মোটরটি বন্ধ হয়ে যাবে।
৭. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	V	I ₁	I ₂	I ₃	মন্তব্য
1	440V	3A	3.1A	3.1A	

সাবধানতা:

১. মেগার দ্বারা মোটরের কয়েল চেক করতে হবে। চেক করে ত্রুটিমুক্ত থাকলে মোটরে সংযোগ দেয়া যাবে অন্যথায় দুর্ঘটনা ঘটতে পারে।
২. স্টার্টার ঠিক আছে কী-না ওহম মিটার দ্বারা চেক করতে হবে।
৩. তিন ফেজ সরবরাহ ঠিক আছে কী-না ভোল্টমিটার দ্বারা চেক করতে হবে।
৪. স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাথে মোটর সংযোগ করা সময় চেক করে নিতে হবে যাতে সংযোগ ভুল না হয়।
৫. সংযোগস্থল শক্তভাবে টাইট দিতে হবে।

মন্তব্য: ম্যানুয়েল স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাহায্যে তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে বাস্তব জ্ঞান বা দক্ষতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১৩

জবের নাম: ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে চালুকরণ।

তত্ত্ব: যে স্টার্টার স্লিপ রিং মোটরে ম্যানুয়েল ব্যবহার করা হয় চালু করা হয়, তাকে ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার বলে। এ স্টার্টার সাধারণত স্লিপ রিং মোটরে ব্যবহার করা হয়।

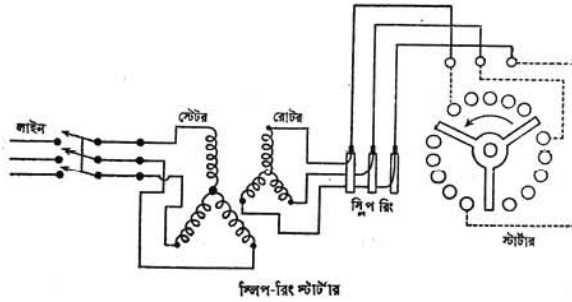
উদ্দেশ্য:

১. ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার ও স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাহায্যে স্লিপ রিং ইন্ডাকশন মোটর সংযোগ করে চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কমিশনেশন প্লায়ার, লং নোজ প্লায়ার, জু ড্রাইভার, ওয়্যার স্ট্রিপর, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, নিম্নন টেস্টার, স্লিপ রিং মোটর, ম্যানুয়াল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার, মেগার, ওহম মিটার/টেস্ট ল্যাম্প, ৩-ফেজ সিলেক্টর সুইচ, ক্যাবল 1 × 7/0.029" পরিমাণমতো, কানেক্টর লীড পরিমাণমতো।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার, স্লিপ রিং মোটর, প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে।
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার, স্লিপ রিং মোটর ও সিলেক্টর সুইচ চিত্র অনুযায়ী সংযোগ করতে হবে।
৪. সার্কিটে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৫. সিলেক্টর সুইচ অন করে স্টার্টারের হ্যাণ্ডেল নব ঘড়ির কাঁটার দিকে ঘুরালে মোটর চালু হবে। কিন্তু হ্যাণ্ডেল নব ছেড়ে দিলে মোটর বন্ধ হয়ে যাবে।
৬. সরবরাহ বিচ্ছিন্ন করতে হবে।
৭. কাজ শেষে ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টার, স্লিপ রিং মোটর, যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।
৮. ওয়ার্কিং টেবিল ও মেবের ফ্লোর পরিষ্কার করতে হবে।

সাবধানতা:

১. সংযোগস্থল যাতে ঢিলা না হয় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।
২. রোটর রেজিস্ট্যান্স সাবধানে আস্তে আস্তে অপসারণ করতে হবে।
৩. রোটর রেজিস্ট্যান্সে কখনও সাপ্লাই দেবে না।
৪. মোটর স্টার্টিংয়ের সময় রোটর রেজিস্ট্যান্স টার্মিনালে হাত দেয়া যাবে না।

মন্তব্য: ম্যানুয়েল রোটর রেজিস্ট্যান্স স্টার্টারের সাথে স্লিপ রিং মোটর সংযোগ করে বাস্তব দক্ষতা অর্জন করা যাবে।

জব নং-১৪

জবের নাম: কোনো প্রতিষ্ঠানে একটি তিন-ফেজ স্কুইরেজ কেজ ইন্ডাকশন মোটর 30 H.P., 440V, 50 Hz, 80% কর্মদক্ষতা ও 0.8 পাওয়ার ফ্যাক্টরে চালানোর জন্য মোটর ইন্সটলেশন এবং ওয়্যারিং কাজ সম্পন্নকরণ।

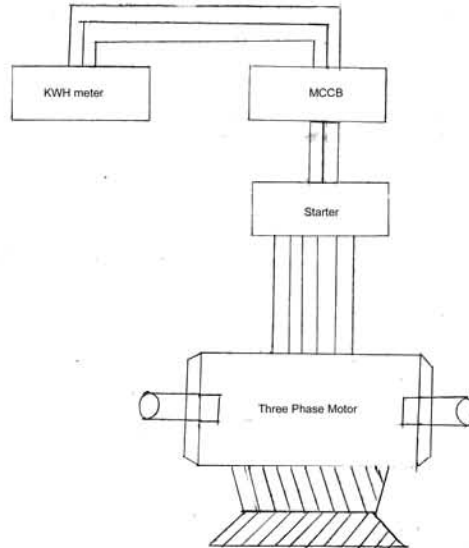
তত্ত্ব: (ক) তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর কার্যক্ষম করার জন্য মেঝে থেকে একটু উঁচু জায়গায় বসানোর জন্য যাবতীয় বৈদ্যুতিক কাজ যেমন: কন্ডুইট বসানো, ক্যাবল ঢুকানো, মিটার বসানো, মোম্বোড কেজ সার্কিট ব্রেকার বসানো, অটো স্টার-ডেল্টা স্টার্টার বসানো ও মোটর স্থাপন করার পদ্ধতিকে মোটর ইন্সটলেশন বলে।

(খ) তিন ফেজ মোটরে বৈদ্যুৎ সরবরাহ দেয়ার জন্য নিয়মতান্ত্রিকভাবে তারের বিন্যাস করে চালু করাকে মোটর ওয়্যারিং বলে।

উদ্দেশ্য:

- (ক) একটি তিন-ফেজ স্কুইরেজ কেজ ইন্ডাকশন মোটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
- (খ) মেইন সুইচ, তিন-ফেজ সার্কিট ব্রেকার ও স্টার-ডেল্টা স্টার্টারের সাথে পরিচিত হওয়া।
- (গ) তিন-ফেজ ইন্ডাকশন মোটর ইন্সটলেশন ও ওয়্যারিং কাজ করার দক্ষতা অর্জন করা।
- (ঘ) মোটর চালু করার দক্ষতা অর্জন করা।

মোটর ইন্সটলেশন ও ওয়্যারিং ডায়াগ্রাম অঙ্কন:



সার্কিট ব্রেকার / ফিউজ-এর সাইজ নিরূপণ:

আমরা জানি,

এখানে দেয়া আছে,

$$\text{Output} = 30 \times 746$$

$$= 22380\text{w}$$

$$\text{আউটপুট} = 30 \text{ H.P.}$$

$$\text{ফেজ} = 3-\phi$$

$$\text{Input} = \frac{\text{Output Power}}{\text{efficiency}}$$

$$V_L = 440\text{V}$$

$$= \frac{22380}{0.8}$$

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$= 27975\text{w}$$

$$\eta = 80\% = 0.8$$

$$I_{FL} = \frac{\text{Input}}{\sqrt{3} \times V_L \cos \theta}$$

$$\cos \theta = 0.8$$

$$= \frac{27975}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.8}$$

$$= 45.88\text{A}$$

$$\begin{aligned} \text{মোটরটি যদি স্টার-ডেল্টা স্টার্টার দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয় তবে সার্কিট ব্রেকারের সাইজ হবে} &= I_{FL} \times 2.5 \\ &= 45.88 \times 2.5 \\ &= 114.71\text{Amp.} \end{aligned}$$

$$\text{ক্যাবলের সাইজ হবে } \frac{\text{Size of Circuit Breaker}}{2} = \frac{114.71}{2} = 57.35\text{Amp.}$$

$$\text{ওভার লোডের রিলের সাইজ} = I_{FL} \times 115\% = 45.88 \times 115\% = 52.76\text{Amp.}$$

$$\text{স্টার্টারের সাইজ} = 114.71\text{Amp.}$$

$$\text{ক্যাবল হিসাব} = 25 \times 3 + 1 \times 3 + 2 \times 3 = 84'$$

দ্রব্যমূল্যের তালিকা ও মূল্য:

ক্রমিক নং	দ্রব্যমূল্যের তালিকা	পরিমাণ	একক	মূল্য হার	মোট মূল্য	মন্তব্য
১।	30H.P., 3-ফেজ ইন্ডাকশন মোটর	১	প্রতিটি	৩০,০০০/-	৩০,০০০/-	
২।	ট্রিপল পোল আয়রন ক্ল্যাড মেইন সুইচ 3-ফেজ, 500V, 120Amp.	১	প্রতিটি	৩,০০০/-	৩,০০০/-	
৩।	3-φ স্টার-ডেল্টা স্টার্টার 500V, 120Amp.	১	প্রতিটি	৭,৫০০/-	৭,৫০০/-	
৪।	ওভারলোড রীলে 500V, 60Amp.	১	প্রতিটি	৫৫০/-	৫৫০/-	
৫।	ক্যাবল 1 × 7 / .044"	কয়েল	কয়েল	১,২৫০/-	৬২৫/-	
৬।	কার্টের বোর্ড (3" × 5")	১	প্রতিটি	২০/-	২০/-	
৭।	কার্টের বোর্ড (3" × 3")	১	প্রতিটি	১০/-	১০/-	
৮।	পিভিসি কন্ডুইট পাইপ 1.5"	৫০স্ব	ফুট	৫/-	২৫০/-	
৯।	পিভিসি কন্ডুইট কাপলার 1.5"	১০	প্রতিটি	৫/-	৫০/-	
১০।	পিভিসি ফ্লেক্সিবল ক্যাবল	১০স্ব	ফুট	৫/-	৫০/-	
১১।	পিভিসি ফ্লেক্সিবল কাপলার 1.5"	১	প্রতিটি	৫/-	৫/-	
১২।	টেমপ্রেট	১	প্রতিটি	১০০/-	১০০/-	
১৩।	উড জু 1"	২ ডজন	প্রতিটি	০/৫০	১২/-	

১৪।	আর্থ প্লেট 60cm×60cm× 3.18mm	১	প্রতিটি	২০০/-	২০০/-	
১৫।	জি.আই ওয়্যার (8swg)	৫০স্ব	ফুট	৩/-	১৫০/-	
১৬।	আর্থের নাট-বোল্ট এবং ওয়াসার	১ সেট	সেট	২০/-	২০/-	
১৭।	সিমেন্ট	১০ কেজি	কেজি	২০/-	২০০/-	
১৮।	বালু	১০ ঘ.ফু	ঘনফুট	১০/-	১০০/-	
১৯।	খোয়া	৫ ঘ.ফু	ঘনফুট	৫০/-	২৫০/-	
				মোট:	৩৩,০৯২/-	
					-	

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কমিশন প্রায়ার, লং নোজ প্রায়ার, ফ্ল্যাট জু ড্রাইভার, কানেক্টিং জু ড্রাইভার, নিয়ন টেস্টার, মেগার, সিরিজ ল্যাম্প / টেস্ট ল্যাম্প, ওয়্যার স্টিপার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, কড়াই, কনি

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

- (১) একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর ইন্সটলেশন এবং ওয়্যারিং করার জন্য উপরোল্লিখিত দ্রব্য ও যন্ত্রপাতি সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
- (২) মোটর স্থাপনের স্থান নির্বাচন করতে।
- (৩) মোটরের বেস পরিমাপ করে এর দ্বিগুণ পরিমাপ ফাউন্ডেশন তৈরি করতে হবে।
- (৪) গর্তে সলিং করি, টেমপ্লেটে নাট-বোল্ট লাগাতে হবে।
- (৫) সিমেন্ট, বালু ও খোয়া দিয়ে মসলা তৈরি করতে হবে।
- (৬) সিলিংয়ে টেমপ্লেট বসাতে হবে। টেমপ্লেট সোজা করে বসাতে হবে। মসলা ঢালার সময় টেমপ্লেট সরে না যায় সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে।
- (৭) নির্ধারিত উচ্চতা পর্যন্ত মসলা ঢালতে হবে।
- (৮) মেঝের মধ্যে গর্ত করতে হবে।
- (৯) পিভিসি পাইপের মধ্যে ক্যাবল ঢুকিয়ে গর্তে বসাতে হবে।
- (১০) মেঝের গর্তে মসলা দিয়ে ঢেকে দিতে হবে।
- (১১) ট্রিপল পোল মেইন সুইচ, সার্কিট ব্রেকার ও স্টার-ডেল্টা স্টার্টার বোর্ডের উপর সংযোগ করতে হবে।
- (১২) আর্থিং প্লেট মাটিতে স্থাপন করতে হবে এবং মোটরের বডিতে সংযোগ করতে হবে।
- (১৪) ফাউন্ডেশন কমপক্ষে ১২ ঘণ্টা কিউরিংয়ের পর টেমপ্লেটে মোটর স্থাপন করতে হবে।
- (১৫) মোটর ইন্সটলেশন ও ওয়্যারিং ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ট্রিপল পোল মেইন সুইচ, সার্কিট ব্রেকার, স্টার-ডেল্টা স্টার্টার এবং মোটর সংযোগ করে সার্কিট তৈরি করতে হবে।
- (১৬) সার্কিটে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিতে হবে।
- (১৭) সার্কিট ব্রেকার চালু করে স্টার্টারের অন সুইচ চালু করলে মোটর প্রথমে স্টার এবং পরে ডেল্টাতে চলবে।
- (১৮) স্টার্টারের অফ সুইচ অন করলে মোটর বন্ধ হয়ে যাবে।

সাবধানতা:

- (১) সংযোগস্থলগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।
- (২) পাইপ ফিটিং ভালোভাবে করতে হবে।
- (৩) সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করতে হবে।
- (৪) সিমেন্ট, বালু ও খোয়া সঠিক মাপে মিশ্রণ করে মসলা তৈরি করতে হবে।

মন্তব্য: একটি তিন ফেজ ইন্ডাকশন মোটর ইন্সটলেশন এবং ওয়্যারিং কাজ সম্পন্ন করে বাস্তব জ্ঞান অর্জন করলে ব্যবহারিক ও কর্মজীবনে অনেক সহায়ক হবে।

এখানে,	
P, N	= ফেজ ও নিউট্রাল তার
C.B.	= সার্কিট ব্রেকার
O.L	= ওভার লোড রীলে
O.L(Nc)	= ওভার লোড নরমালি ক্রোজ কন্টাক্ট
Off Switch (Nc)	= অফ সুইচ নরমালি ক্রোজ কন্টাক্ট
On Switch (No)	= অন সুইচ নরমালি ওপেন কন্টাক্ট
M ₁	= ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর
M ₁ (No)	= ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ওপেন কন্টাক্ট
A ₁ - A ₂	= ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েল কানেকশন

ডাটা টেবিল

ক্রমিক নং	এসি ভোল্টেজ	এসি কারেন্ট	মন্তব্য

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করে কাজের টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করে শ্রেণি কক্ষের শিক্ষককে দেখাতে হবে।
৩. এসি সরবরাহ দিয়ে স্টার্টারের অন সুইচ অন করে ক্যাপাসিটর মোটর চালু করতে হবে।
৪. মাল্টিমিটারের সাহায্যে ভোল্টেজ ও ক্লিপ অন মিটারের সাহায্যে কারেন্ট পরিমাপ করতে হবে।
৫. যদি মোটরের ঘূর্ণন দিক পরিবর্তন করতে হয়, তবে অফ সুইচ পুশ করে মোটর বন্ধ করতে হবে এবং সরবরাহ বন্ধ করতে হবে।
৬. মোটরের স্টাটিং কয়েলের ক্যাপাসিটর উল্টা করে সংযোগ দিতে হবে।
৭. পুণরায় সার্কিটে এসি সরবরাহ দিলে স্টার্টারের অন সুইচ চালু করলে মোটর উল্টা দিকে ঘুরবে। পরবর্তীতে স্টার্টারের অফ সুইচ পুশ করে মোটর বন্ধ করতে হবে।
৮. মোটরের সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. মোটরের সাথে স্টার্টার সঠিক নিয়মে সংযোগ করতে হবে।
২. সার্কিটের মোটরের নেমপ্লেটের তত্ত্ব অনুযায়ী এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৩. মোটরে কোনো ত্রুটি আছে কী-না তা চেক করে সংযোগ দিতে হবে।

মন্তব্য: ক্যাপাসিটর মোটরের সংযোগ ঘূর্ণনের দিক পরিবর্তন ও ব্যবহার সম্পর্কে শিক্ষার্থীরা জেনে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

ଅବ ନଂ-୧୬

জবের নাম: ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার।

তত্ত্ব: যে মোটর স্টেটরে এসি সরবরাহ দেওয়া হয় এবং এর মোটর ফ্যারাডের ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ইন্ডাকশন নীতিতে ভোল্টেজ উৎপন্ন হয়ে মোটর ঘোরে, তাকে ইন্ডাকশন মোটর বলে। কল-কারখানা ও বিভিন্ন ফ্যাক্টরিতে এ মোটর সবচেয়ে বেশি ব্যবহৃত হয়।

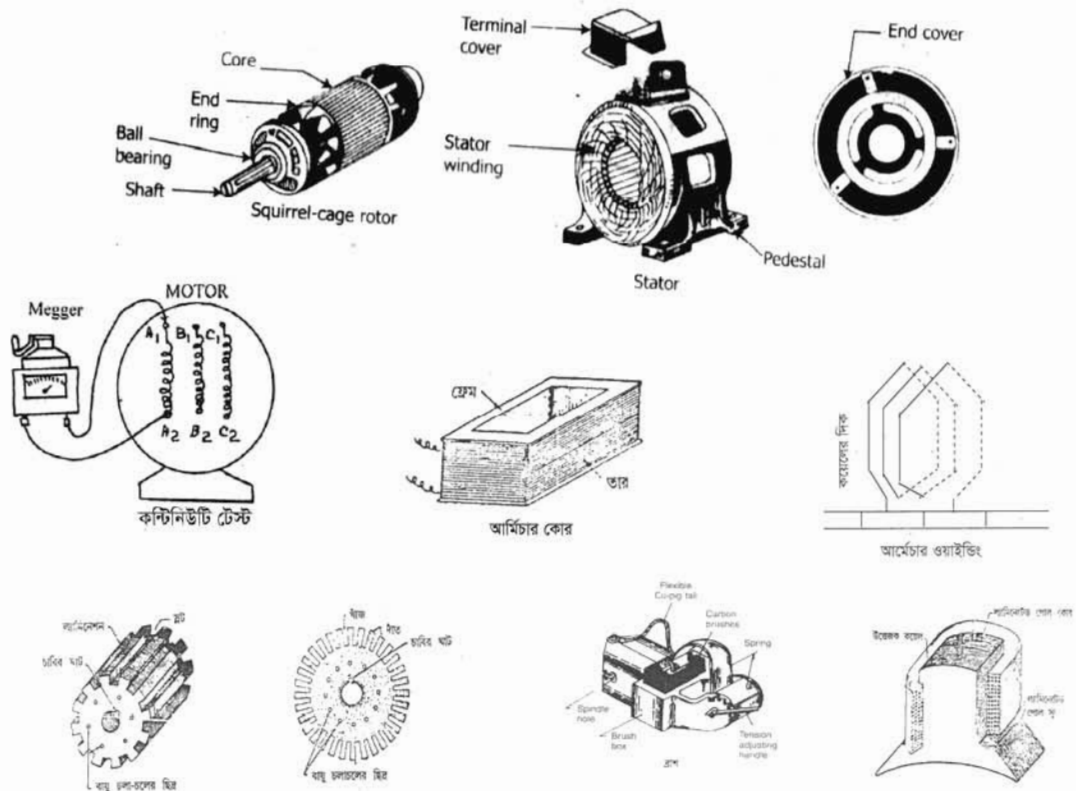
উদ্দেশ্য:

১. ইন্ডাকশন মোটরের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. ইন্ডাকশন মোটরের বিভিন্ন দ্রুতি নির্ণয় করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. মোটরের দ্রুতি প্রতিকার করার দক্ষতা অর্জন করা।
৪. মোটর সংযোগ করে চালুকরণ।

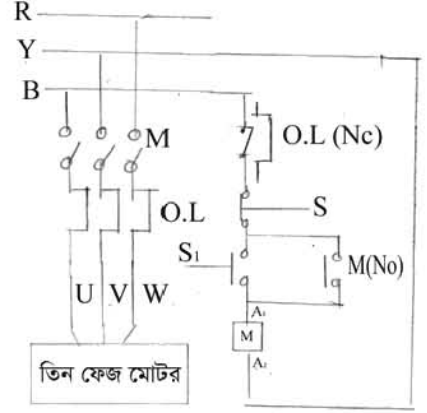
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কবিশনেশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট জু ড্রাইভার, নিয়ন টেস্টার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, অ্যাডজাস্টাবল রেঞ্জ, মাল্টিমিটার, বলপিন হ্যামার, ওয়্যার স্টিপার, ক্লিপ অন মিটার, ক্যাপাসিটর মোটর, এলেন কী সেট, প্রয়োজনীয় তার ও ইন্সুলেটিং টেপ ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়গ্রাম:



- R, Y, B = রেড, ইয়েলো, ব্লু ফেজ তার
M = ম্যাগনেটিক কন্টাক্টর
O.L = ওভার লোড রীলে
O.L(Nc) = ওভার লোড নরমালি ক্লোজ কন্টাক্ট
S = অফ সুইচ নরমালি ক্লোজ কন্টাক্ট
S₁ = অন সুইচ নরমালি ওপেন কন্টাক্ট
M(Nc) = ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের ওপেন কন্টাক্ট
A₁ - A₂ = ম্যাগনেটিক কন্টাক্টরের কয়েল কানেকশন



পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি, ইন্ডাকশন মোটর ও উপকরণ স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে সংগ্রহ করে কাজের টেবিলের উপর রাখতে হবে।

ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটিগুলো হলো। যথা:

- ক. মোটর চালু করলে ফিউজ কেটে যায়।
- খ. মোটর চালু করলে গো গো শব্দ করে।
- গ. চালু অবস্থায় মোটর বেশি গরম হয়।
- ঘ. চালু অবস্থায় মোটরের ঘূর্ণন গতিবেগ কম।
- ঙ. মোটর চালু করলে চলে না।
- চ. মোটরের বিয়ারিং জ্যাম।
- ছ. উপরিউক্ত ত্রুটিসমূহ নির্ণয় করে মোটরের ত্রুটি প্রতিকার করার ব্যবস্থা করতে হবে।
- জ. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সংযোগ করে তিন ফেজ এসি সরবরাহ দিয়ে মোটর চালু করতে হবে।
- ঝ. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে যন্ত্রপাতি ও মালামাল আলাদা করতে হবে।
- ঞ. কাজ শেষে যন্ত্রপাতি ও উপকরণ স্টোরে জমা দিতে হবে।
- ট. ওয়ার্কিং টেবিল পরিষ্কার করতে হবে।

সাবধানতা:

১. মোটরের বিভিন্ন অংশগুলো সাবধানে খুলতে হবে।
২. মোটরের বিভিন্ন অংশগুলো সাবধানে সংযোগ করতে হবে।
৩. বিয়ারিং সাবধানে খুলতে হবে।

মন্তব্য: ইন্ডাকশন মোটরের ত্রুটি ও প্রতিকার সম্পর্কে শিক্ষার্থীরা জ্ঞান অর্জন করতে পারবে।

জব নং-১৭

জবের নাম: সিলিং ফ্যান রি-ওয়াইন্ডিংকরণ।

ভিত্তি: যে মোটরের স্টাটিং কয়েলের সাথে সিরিজ ক্যাপাসিটর লাগানো থাকে তাকে ক্যাপাসিটর মোটর বলে। এ ধরনের মোটর সিলিং ফানে ব্যবহার করা হয়।

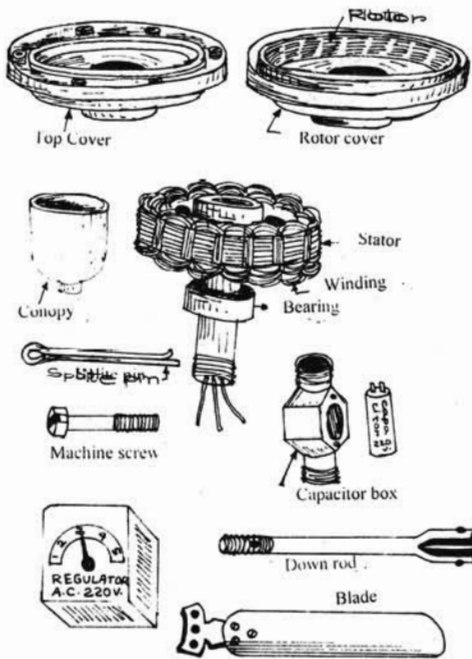
উদ্দেশ্য:

১. সিলিং ফ্যানের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. সিলিং ফ্যানের বিভিন্ন অংশের বিয়ুক্তিকরণ।
৩. সিলিং ফ্যানের রি-ওয়াইন্ডিং করার দক্ষতা অর্জন করা।
৪. সিলিং ফ্যানের বিভিন্ন অংশ সংযোজন করার দক্ষতা অর্জন করা।

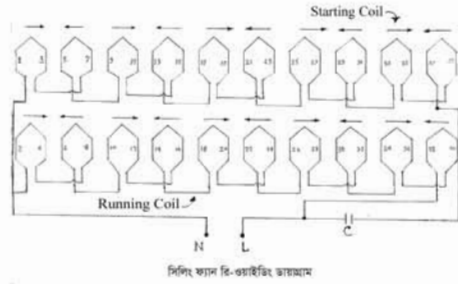
প্রয়োজনীয় বস্তুপাতি ও উপকরণ:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, বলপিন হ্যামার, স্কট হ্যামার, পুলি পোলার, জু-ড্রাইভার, সুপার এনামেল কপার ওয়্যার, ওয়্যার স্ট্রিপর, অ্যাম্পিয়ার ক্লথ, অ্যাম্পিয়ার টিউব, কটন টেপ, ওয়েজবার, নাইলন শ্রেট, ফ্রেজিবল তার, থিনার, ইন্সুলেশন বার্নিস, কেরোসিন, গ্রীজ, সোসারিং লীড ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



সিলিং ফ্যান এর গঠন, অপারেশন এবং খোলা ও লাগানো



সিলিং ফ্যান রি-ওয়াইন্ডিং ডায়াগ্রাম

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. টুলস ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে সংগ্রহ করতে হবে।
২. সিলিং ফ্যানের বিভিন্ন অংশগুলো খুলতে হবে।
৩. প্রতিটি খাঁজের কয়েলগুলো কেটে আলাদা করতে হবে।
৪. স্ট্যান্ডার্ড ওয়্যার গেজ দিয়ে সুপার এনামেল কপার ওয়্যারের সাইজ নির্ণয় করতে হবে এবং কয়েলগুলো ওজন দিতে হবে।
৫. কয়েলের স্টাটিং ও রানিং কয়েলের সংখ্যা গণনা করতে হবে।
৬. তারের সাইজ অনুযায়ী তার স্টোর হতে সংগ্রহ করতে হবে।
৭. প্রথমে রানিং কয়েল গণনা অনুযায়ী নিয়মতান্ত্রিকভাবে বসাতে হবে।
৮. দ্বিতীয় ধাপে স্টাটিং কয়েল নিয়মতান্ত্রিকভাবে স্থাপন করতে হবে।
৯. সিরিজ ল্যাম্পের সাহায্যে স্টাটিং ও রানিং কয়েল চেক করতে হবে।
১০. দুটি কয়েলের দুটি মাথা একত্রে সংযোগ করে কমন টার্মিনাল বের করতে হবে।
১১. মোটরের কয়েলে ভার্নিশ দিয়ে তাপে শুকাতে হবে।
১২. সিলিং ফ্যানটি পুনরায় সংযোজন করে সেট করতে হবে।
১৩. স্টাটিং কয়েলের সাথে ক্যাপাসিটর সিরিজ সংযোগ করতে হবে।
১৪. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সিলিং ফ্যানটি কানেকশন করতে হবে এবং মোটরের সুইচ অন করে সিলিং ফ্যানটি ঘুরাতে হবে।
১৫. সংযোগ বিচ্ছিন্ন করে সিলিং ফ্যান ও যন্ত্রপাতি স্টোরে জমা দিতে হবে।

সাবধানতা:

১. ফ্যানের বডি খোলার সময় যেন তার রং নষ্ট না হয়।
২. ফ্যান খোলার সময় যাতে বডি ভেঙে না যায়।
৩. ফ্যানের রি-ওয়াইন্ডিং নিয়মতান্ত্রিকভাবে করতে হবে, তা না হলে মোটরে ম্যাগনেট সৃষ্টি হবে না। ফলে মোটর ঘুরবে না।

মন্তব্য: সিলিং ফ্যান মোটরের রি-ওয়াইন্ডিং করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

অব নং-১৮

অবের নাম: সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার সংযোগকরণ।

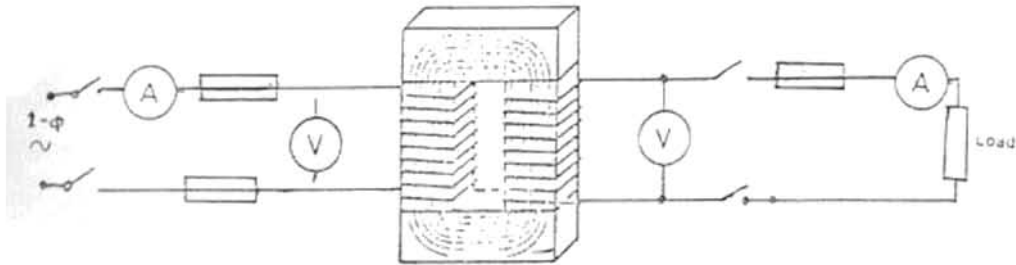
তত্ত্ব: ট্রান্সফরমার এমন একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র যার পাওয়ার ও ফ্রিকুয়েন্সিকে অপরিবর্তিত রেখে কোনোরূপ বৈদ্যুতিক সংযোগ ছাড়াই এনার্জি এক কয়েল হতে অন্য কয়েলে স্থানান্তরিত করা যায়। এর মধ্যে দুটি কয়েল থাকে। একটি প্রাইমারি ও অপরটি সেকেন্ডারি কয়েল। অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের সাহায্যে ট্রান্সফরমারের কারেন্ট ও ভোল্টেজ পরিমাপ করা যায়।

উদ্দেশ্য:

১. সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার, অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার বিভিন্ন অংশ শনাক্ত করার দক্ষতা অর্জন করা।
৩. সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমারের সাহায্যে কারেন্ট ও ভোল্টেজ পরিমাপ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল:

কমিশন প্রায়ার্স, কানেকটিং জু-ড্রাইভার, ফ্লাট জু-ড্রাইভার, অ্যামিটার, ভোল্টমিটার, অ্যামিটার, ওয়্যার স্ট্রিপর, সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার, পেনডেন্ট হোল্ডার, ফ্লেক্সিবল তার 23/076" পরিমাণমতো, বৈদ্যুতিক বাস 60W।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:

ট্রান্সফরমারের সাথে লোড সংযোগ

পর্যায়ক্রমিক কার্যধারা:

১. স্টোর হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল সংগ্রহ করে ওয়ার্কিং টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. সার্কিট ডায়াগ্রাম অঙ্কন করতে হবে। প্রাইমারি
৩. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সার্কিট তৈরি করতে হবে।
৪. প্রাইমারি কয়েলের সাথে সিরিজে অ্যামিটার ও প্যারাললে ভোল্টমিটার সংযোগ করতে হবে।
৫. সেকেন্ডারি কয়েলের সাথে অনুরূপভাবে অ্যামিটার সিরিজে ও প্যারাললে ভোল্টমিটার সংযোগ করতে হবে।
৬. সার্কিটে সিঙ্গেল ফেজ এসি সরবরাহ দিতে হবে।

৭. অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের পাঠ খাতায় লিপিবদ্ধ করতে হবে।

৮. কাজ শেষে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও মালামাল স্টোর ইন-চার্জের নিকট জমা দিতে হবে।

ডাটা টেবিল

SL No.	Primary Voltage	Secondary Voltage	Primary Current	Secondary Current	Remarks
1	220	110	5	10	

সাবধানতা:

১. ট্রান্সফরমারের রেটিং ভোল্টেজ অনুপাতে এসি ভোল্টেজ সরবরাহ দিতে হবে।
২. অ্যামিটারকে লাইনের সাথে সিরিজে ও ভোল্টমিটার লাইনের সাথে প্যারালালে সংযোগ করতে হবে। ভুল সংযোগ হলে মিটারের ক্ষতি হতে পারে।
৩. সংযোগস্থল শক্তভাবে টাইট দিতে হবে।

মন্তব্য: সিস্টেম ফেজ ট্রান্সফরমারকে লোড দিয়ে প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি ভোল্টেজ এবং প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কারেন্ট পরিমাপ করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

ছব নং-১৯

ছবের নাম: ট্রান্সফরমারের ত্রুটি ও তার প্রতিকার।

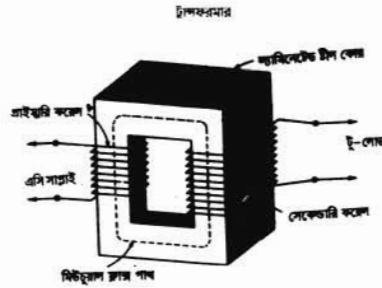
তত্ত্ব: ট্রান্সফরমার একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্র, যার সাহায্য পাওয়ার ও ফ্রিকুয়েন্সিকে অপরিবর্তিত রেখে কোনোরূপ বৈদ্যুতিক সংযোগ ছাড়াই ইলেকট্রিক্যাল এনার্জি এক কয়েল হতে অন্য কয়েলে স্থানান্তরিত করা যায়। স্টেপ ডাউন ট্রান্সফরমারের মাধ্যমে ভোল্টেজ ডাউন করে গ্রাহকের লোড সরবরাহ করা হয়।

উদ্দেশ্য:

১. ট্রান্সফরমারের বিভিন্ন অংশগুলো জানা।
২. ট্রান্সফরমারের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার সম্পর্কে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা।
৩. ট্রান্সফরমারের সাথে লোড সংযোগ করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি:

কম্বিনেশন প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, কানেকটিং জু ড্রাইভার, ফ্লাট জু ড্রাইভার, নিয়ন টেস্টার, ইলেকট্রিশিয়ান নাইফ, অ্যাডজাস্টাবল রেঞ্জ, মেগার, ভোল্টমিটার, মাল্টিমিটার, বলপিন হ্যামার, ওয়্যার স্টিপার, ক্লিপ অন মিটার, সিঙ্গেল ফেজ ট্রান্সফরমার, কাট আউট, সুইচ, এলেনকী সেট, প্রয়োজনীয় তার ও ইনসুলেটিং ট্যাপ ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:**পরীক্ষামূলক কার্যধারা:**

১. স্টেপ ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি, ট্রান্সফরমার ও উপকরণ সংগ্রহ করে কাজের টেবিলের উপর রাখতে হবে।
২. বিভিন্ন কারণে ট্রান্সফরমারের নিম্নলিখিত ত্রুটিগুলো দেখা দিতে পারে -
ক. ওপেন সার্কিট ত্রুটি;
খ. শর্ট সার্কিট ত্রুটি;
গ. আর্থ ত্রুটি;
ঘ. ওভার হিটিং;
ঙ. যান্ত্রিক ত্রুটি;
চ. ফেজ ও আর্থের মধ্যে ত্রুটি।
৩. সিরিজ ল্যাম্প অথবা মাল্টিমিটারের সাহায্যে ট্রান্সফরমারের কয়েল চেক করতে হবে।
৪. ট্রান্সফরমারের ত্রুটি নির্ণয় করার পর তার প্রতিকার করতে হবে।
৫. সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী ট্রান্সফরমার সংযোগ করে লোড দিতে হবে।
৬. লোড হতে ট্রান্সফরমারের ভোল্টেজ ও কারেন্ট রিডিং নিতে হবে।

সাবধানতা:

১. ট্রান্সফরমারের প্রাইমারি ও সেকেন্ডারি কয়েল চিহ্নিত করতে হবে।
২. ট্রান্সফরমার পরীক্ষা করে এসি সরবরাহ দিতে হবে।
৩. সংযোগগুলো শক্তভাবে টাইট দিতে হবে।

মন্তব্য: ট্রান্সফরমারের ত্রুটি নির্ণয় ও তার প্রতিকার করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারবে।

জব নং-২০

জবের নাম: পোল ও টাওয়ার স্থাপন।

তত্ত্ব: পোল এক ধরনের সাপোর্ট, যার সাথে ওভারহেড লাইন যান্ত্রিকভাবে সংযুক্ত থাকে। আর টাওয়ার এক ধরনের মজবুত সাপোর্ট, যার সাথে অতি উচ্চ চাপবিশিষ্ট ওভারহেড লাইনে যান্ত্রিকভাবে সংযুক্ত থাকে। সাধারণত 230V হতে 11KV ভোল্টেজ লাইনে পোল এবং 66KV হতে 230KV ভোল্টেজ লাইনে টাওয়ার ব্যবহৃত হয়।

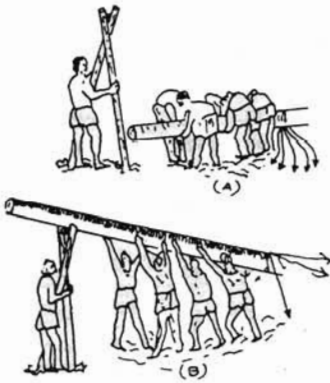
উদ্দেশ্য:

১. পোল ও টাওয়ারের সাথে পরিচিত হওয়া।
২. পোল ও টাওয়ার স্থাপন করার দক্ষতা অর্জন করা।

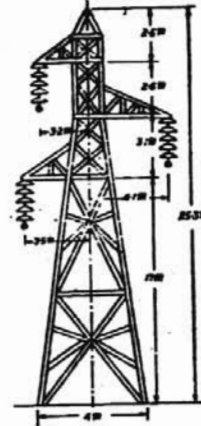
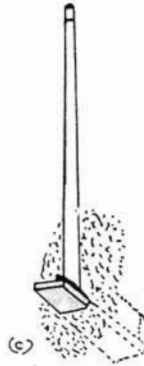
প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কোদাল, শাবল, বেলচা, স্প্রিট লেভেল, মই, কাঠের স্ক্রীডবোর্ড, কপিকল, দড়ি, কবিনেশন প্রায়ার্স, লং নোজ প্রায়ার্স, কানেপ্তিং ও স্টার জুড়াইভার, বালু, সিমেন্ট, গ্যালভানাইজিং করা ইস্পাতের এঙ্গেল, নাট বোল্ট ইত্যাদি।

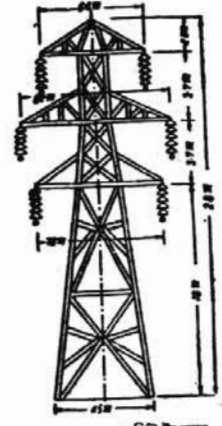
সার্কিট ডায়াগ্রাম:



পোল স্থাপন
পোল স্থাপন



সিঙ্গেল সার্কিট টাওয়ার
সিঙ্গেল সার্কিট টাওয়ার



ডাবল সার্কিট টাওয়ার
ডাবল সার্কিট টাওয়ার

পোল নির্মাণের কার্যধারা:

- ১। পোল বসানোর জায়গা নির্ধারণ করতে হবে।
- ২। পোল সাইজ অনুযায়ী গর্ত খনন করতে হবে। পোলের সাইজ অনুযায়ী ১/৫ হতে ১/৬ অংশ গর্ত হবে।
- ৩। কয়েকজন মিলে পোল গর্তে বসাতে হবে এবং উল্লম্ব সঠিকভাবে পরীক্ষা করতে হবে।
- ৪। গর্তের মধ্যে মাটি ভরাট করে দিতে হবে।
- ৫। পোলের মাটি ভরাট স্থানে ঘোঁটনি দিয়ে শক্ত করে দিতে হবে।
- ৬। প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি স্টোরে জমা দিতে হবে।

টাওয়ার স্থাপনের কার্যধারা:

সেকশন পদ্ধতিতে টাওয়ার নির্মাণের ক্ষেত্রে বেশি ব্যবহৃত হয়। এ পদ্ধতিতে টাওয়ার প্রাথমিক পূর্বের অংশ হলো জমির উপরেই আটকাতে হয়। টাওয়ারের পেগ পয়েন্টে কপিকল লাগানো ডেরিক পোল, দড়ি অথবা দণ্ডের সাহায্যে টাওয়ারের উল্লেখিত অংশগুলো দাড় করানো হয়। জমির উপর আটকানো গোড়ার একপাশের অংশকে ডেরিক পোলের সাহায্যে উপরে তোলা হয় এবং পায়ালুলোকে স্টারের সাথে নাট বোল্টের সাহায্যে আটকিয়ে অনুরূপভাবে দাঁড় করিয়ে স্টাবের সাথে লাগিয়ে দেয়া হয়। উল্লেখিত দুটি বিপরীত প্যানের অংশকে দড়ির সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করে। এদের মধ্যকার রুসিংগুলো জায়গা মতো আটকাতে হবে।

গোড়ার অংশের কাজ শেষ হলে ডেরিক পোল স্থাপিত অংশের একটি কোনার পায়ার সাথে আটকানো হয়।

এবার দ্বিতীয় অংশের এক পাশের খণ্ডগুলো জমির উপর আটকিয়ে ডেরিকের সাহায্যে উপরে তোলা হয় এবং নাটবোল্টের সাহায্যে গোড়ার অংশের সাথে আটকানো হয়। এরপর বিপরীত পাশের খণ্ডগুলোকে জমির উপর আটকিয়ে উপরে তোলা হয় এবং পোল স্থাপন করতে হয়। পূর্বের অংশের বিপরীত পাশে আটকানো হয়।

এবার কাঠামোটির সাইজ ঠিক করে এর মধ্যে রেসিংগুলো আটকানো হয়। এরপর বিপরীত পাশে আটকানো হয়। এবার কাঠামোটির সাইজ ঠিক করে এর মধ্যে রেসিং আটকানো হয়। অনুরূপভাবে তৃতীয় অংশ আটকানো হয়। এবার নিচে তৈরি রুশ আর্মগুলোকে জমির উপর জুড়ে কপিকলের সাহায্যে উপরে তোলা হয়। টাওয়ারের কাঠামোর সাথে আটকানো হয়। এভাবে টাওয়ার নির্মাণ করা হয়।

মন্তব্য: পোল ও টাওয়ার স্থাপন করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব জ্ঞান অর্জন করতে পারবে।

জব নং-২১

জবের নাম: ক্যাবল স্থাপন, ক্যাবল জয়েন্ট ও ক্যাবল টার্মিনেশনকরণ।

তত্ত্ব: আন্ডারগ্রাউন্ড ক্যাবল স্থাপন বলতে মাটির নিচে পর্যাপ্ত ইন্সুলেশন সমন্বয়ে প্রস্তুতকৃত ক্যাবল বসানোর যাবতীয় বৈদ্যুতিক কাজ স্থাপন করার পদ্ধতিকে বোঝায়। বিদ্যুৎ প্রবাহের অবিচ্ছিন্ন পথ তৈরি করার উদ্দেশ্যে দুটি আলাদা ক্যাবলকে ইন্সুলেশন তোলে নিয়মতান্ত্রিকভাবে জোড়া দেয়াকে ক্যাবল জয়েন্ট বলে।

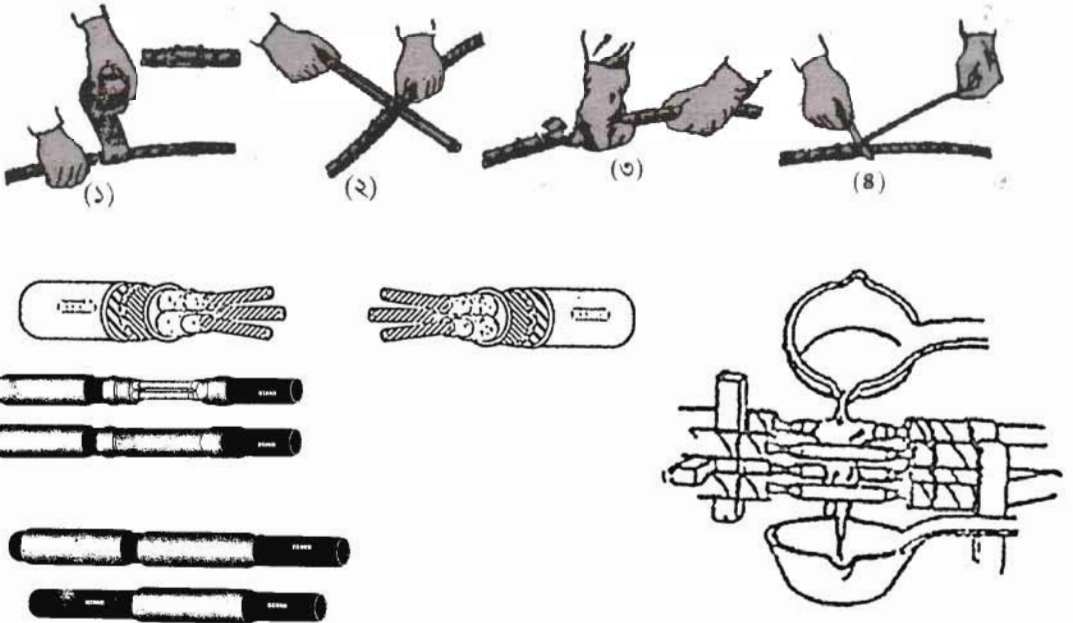
উদ্দেশ্য:

- ১। আন্ডারগ্রাউন্ডে ক্যাবল স্থাপন করার দক্ষতা অর্জন করা।
- ২। ক্যাবল জয়েন্ট তৈরি করার দক্ষতা অর্জন করা।
- ৩। ক্যাবল টার্মিনেশন করার দক্ষতা অর্জন করা।

প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ:

কমিশন প্রায়ার্স, লংনোজ প্রায়ার্স, কাটিং প্রায়ার্স, বালু, সিমেন্ট, কোদাল, শাবল, গাইডি, হাতুরি, হ্যামার, বেলচা, লোহার খুঁটি, ট্রলি, রোলার, কপিকল, ক্যাবল, ক্যাবল ড্রাম, হ্যাকস, রো-ল্যাম, পরিষ্কার ন্যাকরা, ফিতা, কেরোসিন, ইয়ারি ক্লথ, সোল্ডার, লাগ, অয়েল ট্যাপ, টার্মিনাল বক্স, ক্ল্যাম্প, কম্পাউন্ড, কাজের টেবিল ইত্যাদি।

সার্কিট ডায়াগ্রাম:



আভারগ্রাউন্ড ক্যাবল স্থাপনের কার্যধারা:

১. স্টোর ইন-চার্জের নিকট হতে প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতি ও উপকরণ সংগ্রহ করে কাজের স্থানে রাখতে হবে।
২. সরাসরি পদ্ধতিতে ক্যাবল বসানো সহজ ও সবচেয়ে খরচ কম। এক্ষেত্রে ক্যাবল বসানোর জন্য ১.৫ মিটার গভীর এবং ৪৫ সে.মি. প্রস্থবিশিষ্ট একটি গর্ত ও তলদেশে ১০ সে.মি. পুরুত্বের বালুর আস্তর দেয়া হয়। বালুর আস্তর ক্যাবলকে জলীয় বাষ্প ও ক্ষয় হতে রক্ষা করে। ক্যাবল বসানোর পর পুনরায় ১০ সে.মি. পুরুত্বের বালুর আস্তর দেয়া হয়।
৩. যান্ত্রিক আঘাত রক্ষা করার জন্য কংক্রিটের একটি ঢাকনা দেয়া হয়। এভাবে ক্যাবল স্থাপন করতে হয়।

ক্যাবল জয়েন্ট করার কার্যধারা:

১. মালামালের তালিকা প্রস্তুত করা।
২. ক্যাবলের আবরণ সরানোর পদ্ধতি।
৩. ক্যাবলের জয়েন্ট প্রস্তুত করা।

ক্যাবল টার্মিনেশন করার কার্যধারা:

১. ক্যাবল জয়েন্ট প্রস্তুত করার পর ক্যাবল জয়েন্ট সোল্ডারিংকরণ।
২. ক্যাবল জয়েন্ট সোল্ডারিং করার পর টেপিংকরণ।
৩. কম্পাউন্ডে গীচ ভর্তি করে জয়েন্ট তৈরির কাজ শেষ করা।
৪. ক্যাবলের কোরগুলোতে লাগ সংযোজন করা।

মন্তব্য: ক্যাবল স্থাপন, ক্যাবল জয়েন্ট ও ক্যাবল টার্মিনেশন করে শিক্ষার্থীরা বাস্তব জ্ঞান অর্জন করতে পারবে।

২. ক্যাটালগ দেখে ম্যাকানিক্যাল কম্পোনেন্টগুলো বসিয়ে লিফ্টের যাবতীয় কাজ শেষ করতে হবে এবং প্রশিক্ষককে দেখাতে হবে।
৩. স্বয়ংক্রিয়ভাবে দরজা বন্ধ ও খোলার জন্য হাইড্রোলিক প্রেসার তিন ফেজ মোটর ব্যবহার করতে হবে।
৪. ডোর মেট দরজার সামনে ব্যবহার করতে হয়, লীডে বিভিন্ন সুইচ বসানো যায়। যার ফলে কোনো কক্ষের মধ্যে প্রবেশ অথবা বের হলে তখন হাত বা পায়ের স্পর্শে স্বয়ংক্রিয়ভাবে দরজা খুলবে অথবা বন্ধ হবে।
৫. প্রত্যেক ফ্লোরের দরজা খোলার জন্য বাইরে সুইচ বসাতে হবে।
৬. ইলেকট্রিক ডোর ও লিফ্ট উত্তোলনের সার্কিট ডায়াগ্রাম অনুযায়ী সমস্ত বৈদ্যুতিক কাজ করে শ্রেণির প্রশিক্ষককে দেখাতে হবে। এখানে উল্লেখ করা প্রয়োজন, লিফ্ট সুইচের মাধ্যমে প্রত্যেক ফ্লোরের মধ্যে লিফ্ট বন্ধ হবে। সময় সেটিং করে দিলে প্রত্যেক ফ্লোরে স্বয়ংক্রিয়ভাবে মোটর উল্টাভাবে চালু হয়ে প্রত্যেক ফ্লোরে লিফ্ট বন্ধ হবে। লিমিট সুইচের মাধ্যমে লিফ্টের যে কোনো স্থানে বন্ধ বা চালু হবে সে স্থানে লিফ্ট সুইচ স্থাপন করতে হবে।
৭. সার্কিটে এসি সরবরাহ দিয়ে লিফ্ট চালু করে প্রত্যেক ফ্লোরে লিফ্ট বন্ধ বা চালু হয় কী-না চেক করতে হবে। এভাবে লিফ্ট স্থাপন করতে হবে।

সাবধানতা:

১. দরজার সামনে সেলর সুইচ সঠিক স্থানে স্থাপন করতে হবে যাতে দরজার গেট স্পর্শ করলে লিফ্ট খুলবে অথবা বন্ধ হবে ;
২. যন্ত্রপাতি ও মালামাল লাগানোর সময় যাতে ভেঙ্গে না যায় ;
৩. ইলেকট্রিক সার্কিটের সংযোগগুলো ভালোভাবে টাইট দিতে হবে।

মন্তব্য: লিফ্ট স্থাপন ও চালু করে বাস্তব অভিজ্ঞতা অর্জন করা যাবে।

২০১৮ শিক্ষাবর্ষ
জেনারেল ইলেকট্রিক্যাল ওয়ার্কস-১

শিক্ষা নিয়ে গড়ব দেশ
শেখ হাসিনার বাংলাদেশ

কারিগরি শিক্ষা আত্মনির্ভরশীলতার চাবিকাঠি

নারী ও শিশু নির্যাতনের ঘটনা ঘটলে প্রতিকার ও প্রতিরোধের জন্য ন্যাশনাল হেল্পলাইন সেন্টারে
১০৯ নম্বর-এ (টোল ফ্রি, ২৪ ঘণ্টা সার্ভিস) ফোন করুন

২০১০ শিক্ষাবর্ষ থেকে গণপ্রজাতন্ত্রী বাংলাদেশ সরকার কর্তৃক
বিনামূল্যে বিতরণের জন্য